

Titre: Impact des transformations réalisées dans le cadre d'un projet d'amélioration continue sur l'exposition aux TMS (troubles musculo-squelettiques) aux membres supérieurs des scieurs
Title:

Auteur: Caroline Joseph
Author:

Date: 2005

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Joseph, C. (2005). Impact des transformations réalisées dans le cadre d'un projet d'amélioration continue sur l'exposition aux TMS (troubles musculo-squelettiques) aux membres supérieurs des scieurs [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/7631/>
Citation:

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/7631/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche:
Advisors:

Programme: Non spécifié
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

IMPACT DES TRANSFORMATIONS RÉALISÉES DANS LE CADRE D'UN PROJET
D'AMÉLIORATION CONTINUE SUR L'EXPOSITION AUX TMS (TROUBLES MUSCULO-
SQUELETTIQUES) AUX MEMBRES SUPÉRIEURS DES SCIEURS

CAROLINE JOSEPH
DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE INDUSTRIEL)
JUIN 2005

© Caroline Joseph, 2005.



Library and
Archives Canada

Bibliothèque et
Archives Canada

Published Heritage
Branch

Direction du
Patrimoine de l'édition

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

ISBN: 978-0-494-16802-8

Our file Notre référence

ISBN: 978-0-494-16802-8

NOTICE:

The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

The author retains copyright ownership and moral rights in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

AVIS:

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.


Canada

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

IMPACT DES TRANSFORMATIONS RÉALISÉES
DANS LE CADRE D'UN PROJET D'AMÉLIORATION CONTINUE
SUR L'EXPOSITION AUX TMS (TROUBLES MUSCULO-SQUELETTIQUES)
AUX MEMBRES SUPÉRIEURS DES SCIEURS

présenté par : JOSEPH Caroline

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. ROBERT Jean-Marc, Doctorat, président

M. IMBEAU Daniel, Ph.D., membre et directeur de recherche

Mme NASTASIA Iuliana, Ph.D., membre

REMERCIEMENTS

L'auteure tient à remercier Iuliana Nastasia ainsi que Daniel Imbeau pour leur support tout au long de ce projet. Grâce à leurs commentaires et leurs propositions, ce travail a pu évoluer pour atteindre ce stade.

L'auteure tient aussi à remercier l'entreprise qui a permis la réalisation du projet sous cette forme. La participation et la collaboration des travailleurs tout comme celle des membres de la direction ont été grandement appréciées.

Elle tient aussi à remercier Philippe-Antoine Dubé pour son aide lors des analyses avec le logiciel 4D Watbak et les analyses statistiques.

Finalement, les derniers remerciements de l'auteure vont aux personnes de son entourage, que ce soit famille ou amis, qui l'ont encouragée tout au long de ce projet.

RÉSUMÉ

Cette recherche a pour sujet l'évaluation de l'impact des modifications faites dans le cadre d'un projet d'amélioration continue sur l'exposition aux TMS (troubles musculo-squelettiques) des membres supérieurs des préposés à la scie et à l'ouverture des blocs (scieurs), dans une entreprise de transformation du poisson congelé. L'objectif principal est donc de documenter l'exposition aux facteurs de risques de TMS pour les membres supérieurs avant les premières modifications (situation *Avant*), après de premières modifications (situation *Après 1*) et suite aux dernières modifications (situation *Après 2*). Les objectifs spécifiques sont de : déterminer si les modifications faites au poste de travail influencent favorablement l'ergonomie du poste de travail; évaluer, à l'aide de trois méthodes, les risques de TMS aux membres supérieurs et les contraintes au niveau du dos aux différentes étapes d'implantation des modifications; vérifier la complémentarité et faire la comparaison des méthodes utilisées; vérifier la facilité d'application des méthodes; documenter le processus de mise en place d'une formation pour le poste de travail visé. D'une part, pour atteindre ces objectifs, trois méthodes ont été utilisées : OCRA (« Occupational Repetitive Actions »), QEC (« Quick Exposure Check ») et 4D Watbak (logiciel d'analyse au niveau du dos). Les résultats de ces méthodes ont été comparés pour les différentes situations observées et pour les différentes méthodes. D'autre part, des observations sur l'activité de travail et des commentaires des travailleurs ont été recueillis pour compléter les connaissances du poste de travail et des tâches à accomplir par les travailleurs observés. Finalement d'autres données ont aussi été recueillies comme les temps d'application des trois méthodes pour vérifier leur rapidité d'application et les informations face au processus de mise en place de la formation pour les scieurs afin de le documenter.

L'utilisation des trois méthodes a permis de remarquer que l'exposition aux facteurs de risques de TMS a diminué entre les situations *Avant* et *Après 2*. Selon les méthodes utilisées, cette diminution est plus ou moins importante. De plus, les résultats de

certaines des méthodes montrent une augmentation de l'exposition aux facteurs de risques à la situation *Après 1*. La comparaison des résultats des trois méthodes entre elles (OCRA vs QEC et QEC vs 4D Watbak) a permis de distinguer que certains résultats obtenus avec ces méthodes concordaient entre elles et que d'autres différaient. L'analyse des temps d'application et des étapes nécessaires à l'application des méthodes a fait ressortir que la méthode QEC est celle qui est la plus rapide d'utilisation et qui nécessite le moins d'étapes. De plus, la documentation du processus de mise en place de la formation des scieurs a montré que les connaissances en santé et sécurité des différents intervenants ainsi que les connaissances des travailleurs, en lien avec leur tâche et poste de travail, ont été considérées tout au long de ce processus.

Ainsi, les différents résultats obtenus ont montré une diminution de l'exposition aux TMS. Cependant comme les différents indices trouvés avec les méthodes restent tout de même élevés, les modifications n'ont pas permis de minimiser les risques de TMS. Des interventions ergonomiques directes plus radicales pourraient donc s'avérer pertinentes pour faire diminuer de façon plus significative les risques de TMS.

ABSTRACT

The topic of this research is the evaluation of the impacts of modifications made during a continuous improvement project on upper limb musculoskeletal disorders (MSD) of the saw and block opening operator (sawyer) working in a company of transformed frozen fish products. The major objective is to document the exposure to upper limb MSD risk factors before the firsts modifications (*Before*), after the firsts modifications (*After 1*) and after the final modifications (*After 2*). The main objectives are: 1) to determine if the modifications made at the workplace have a positive influence on workplace ergonomics; 2) to evaluate, with three methods, the upper limb MSD risks and back strain at all the different steps of the modification implementation; 3) to verify the complementarity of and compare the methods used; 4) to verify the ease of application of the methods; and 5) to document the training establishment process for the concerned workplace. To achieve these objectives, three methods have been used: OCRA, QEC and 4D Watbak (back analysis software). The results obtained by these methods have been analysed for the different situations and been compared to the results of the other methods. On the other hand, work activities observations and workers commentaries have been collected to complete the knowledge of the workplace and tasks performed by the workers. Finally other information have been collected such as the application times of the three methods to verify their ease of application and information in link with the establishment of the sawyer training process to document it.

The use of the three methods allows us to observe different levels of decrease of the exposure to MSD risk factors between the *Before* and *After 2* situations. Moreover, some of the methods results show an increase of exposure to these risks factors for *After 1*. Comparing the results of the three methods with each other (OCRA vs QEC and QEC vs 4D Watbak) allow distinguishing that some results obtained with these methods were similar and that others were different. The application times and the

analysis of the necessary steps show that the QEC method was the fastest to use and the method that has the fewer steps. Furthermore, the establishment of the sawyers training process documentation shows that the health and safety knowledge of the persons who intervene and of the workers, linked to their tasks and workplace, were taken into account during the process.

The results show a decrease of the MSD risk exposure. However, as the different risk indexes found remain high, the modifications did not allow to minimize the MSD risks. More radical direct ergonomics intervention could be relevant to meaningfully decrease the MSD risks.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	iv
RÉSUMÉ	v
ABSTRACT.....	vii
LISTE DES TABLEAUX	xiii
LISTE DES FIGURES.....	xvi
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	xix
LISTE DES ANNEXES.....	xx
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 - ERGONOMIE ET AMÉLIORATION CONTINUE : REVUE DE LITTÉRATURE	2
1.1 Amélioration continue et impacts sur la santé et sécurité au travail (SST) et l'ergonomie des postes de travail.....	2
1.1.1 Principaux concepts et approches en amélioration continue.....	2
1.1.2 Impact des approches d'amélioration continue sur la SST et l'ergonomie des postes de travail.....	4
1.1.3 Liens entre les améliorations ergonomiques et la productivité et la qualité.....	5
1.2 Démarche participative en ergonomie	6
1.3 Évaluation des facteurs de risques de TMS	7
1.3.1 Facteurs de risques liés aux TMS	8
1.3.2 Méthodes intégrées d'évaluation des risques TMS	10
1.3.3 Méthodes d'évaluation des risques de TMS spécifiques à la région du dos	19
CHAPITRE 2 - PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS.....	21
2.1 Problématique	21
2.2 Objectifs.....	23

CHAPITRE 3 - MÉTHODOLOGIE	25
3.1 Description de l'entreprise	25
3.2 Contexte du projet.....	26
3.3 Description du poste de travail et des tâches effectuées.....	27
3.4 Caractéristiques des travailleurs	33
3.5 Méthodes d'évaluation de l'exposition aux TMS	35
3.5.1 OCRA	36
3.5.1.1 Analyse de l'organisation du travail	36
3.5.1.2 Identification et description des facteurs de risques	38
3.5.1.3 Évaluation de l'indice OCRA.....	43
3.5.2 QEC	43
3.5.2.1 Observations	44
3.5.2.2 Rencontre du travailleur.....	44
3.5.2.3 Calcul des indices par section du corps	44
3.5.2.4 Calcul d'un indice unique.....	45
3.5.3 4D Watbak – Analyses des contraintes au niveau du dos.....	46
3.5.3.1 Établissement des informations générales	46
3.5.3.2 Établissement des modèles biomécaniques	48
3.5.3.3 Consultation des résultats	49
3.6 Moments des prises de données des trois méthodes	50
3.7 Autres données recueillies.....	52
3.7.1 Temps d'application des méthodes OCRA, QEC et 4D Watbak.....	52
3.7.2 Observations sur l'activité de travail et commentaires des travailleurs	52
3.7.3 Données liées à la mise en place du contenu d'une formation.....	53
3.8 Analyses.....	53
3.8.1 Analyses inter-situations à l'aide des différentes méthodes	53
3.8.2 Analyses inter-méthodes : entre OCRA et QEC.....	54
3.8.3 Analyses inter-méthodes : entre QEC et 4D Watbak.....	54
3.8.4 Autres analyses	55

CHAPITRE 4 - RÉSULTATS	56
4.1 Documentation des modifications réalisées au poste de scieur.....	56
4.1.1 Modification des manipulations faites au poste de travail.....	56
4.1.2 Modification de l'aménagement du poste de travail	58
4.2 Comparaison entre les niveaux d'exposition aux TMS des trois situations observées.....	58
4.2.1 OCRA.....	58
4.2.1.1 Mouvements effectués par quart de travail.....	59
4.2.1.2 Niveau d'effort des différentes tâches	60
4.2.1.3 Posture des différentes tâches.....	62
4.2.1.4 Indice d'exposition.....	67
4.2.2 QEC	71
4.2.3 4D Watbak	73
4.3 Comparaison des niveaux d'exposition des différentes méthodes	75
4.3.1 OCRA versus QEC	75
4.3.2 QEC versus 4D Watbak	76
4.4 Autres données recueillies.....	77
4.4.1 Temps d'application des méthodes : OCRA, QEC et 4D Watbak	77
4.4.2 Observations non systématiques.....	80
4.4.3 Commentaires des travailleurs	83
4.4.4 Mise en place d'une formation	87
4.5 Synthèse des principaux résultats.....	90
CHAPITRE 5 - DISCUSSION	92
5.1 Limites de l'étude	92
5.1.1 Travailleurs observés	92
5.1.2 Moments des observations	93

5.2	Documentation de l'exposition aux TMS	94
5.2.1	Évolution des risques de TMS	94
5.2.1.1	OCRA.....	94
5.2.1.2	QEC.....	99
5.2.1.3	4D Watbak.....	102
5.2.2	Comparaison des résultats obtenus avec les méthodes.....	105
5.3	Applicabilité des méthodes utilisées : OCRA, QEC et 4D Watbak.....	108
5.4	Documentation du processus de mise en place d'une formation	112
CONCLUSION.....		115
RÉFÉRENCES.....		118
RÉFÉRENCES INTERNET		124
ANNEXES		125

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Liste non exhaustive des principaux facteurs de risques occupationnels et non occupationnels de TMS reliés au travail (traduit de Colombini et al., 2002)	9
Tableau 1.2 : Principales caractéristiques de six méthodes intégrées d'évaluation du risque de TMS (adapté de Imbeau et coll., 2004).....	11
Tableau 1.3 : Avantages, inconvénients et limitations de six méthodes intégrées d'évaluation des risques de TMS	18
Tableau 3.1 : Description des principales caractéristiques des travailleurs observés.....	34
Tableau 3.2 : Liste des travailleurs ayant participé à chacune des étapes de l'étude	35
Tableau 3.3 : Niveau de risques de l'indice OCRA (traduit et adapté de Colombini et al. 2002). 43	
Tableau 3.4 : Niveau d'exposition (traduit et adapté de référence Internet, 5)	45
Tableau 3.5 : Niveau d'exposition des autres facteurs de risques (traduit et adapté de référence Internet, 5).....	45
Tableau 3.6 : Résumé des niveaux d'action du QEC (traduit et adapté de Brown et Li, 2003)... 46	
Tableau 4.1 : Nombre de mouvements par cycle de travail pour chacune des tâches	57
Tableau 4.2 : Situation <i>Avant</i> – Mouvements effectués par les travailleurs durant un quart de travail.....	59
Tableau 4.3 : Situation <i>Après 1</i> – Mouvements effectués par les travailleurs durant un quart de travail.....	59
Tableau 4.4 : Situation <i>Après 2</i> – Mouvements effectués par les travailleurs durant un quart de travail.....	60
Tableau 4.5 : Comparaison des niveaux d'effort indiqués par les travailleurs entre les situations <i>Après 1</i> et <i>Après 2</i> (« matched pairs »)	61
Tableau 4.6 : Efforts pondérés pour les différentes tâches.....	62
Tableau 4.7 : Situation <i>Avant</i> – Analyse posturale des membres supérieurs des travailleurs observés pour chacune des tâches	63
Tableau 4.8 : Situation <i>Après 1</i> – Analyse posturale des membres supérieurs des travailleurs observés pour chacune des tâches	64

Tableau 4.9 : Situation <i>Après 2</i> – Analyse posturale des membres supérieurs des travailleurs observés pour chacune des tâches	66
Tableau 4.10 : Facteurs de posture nécessaires au calcul de l'index d'exposition	66
Tableau 4.11 : Résultats des indices OCRA	67
Tableau 4.12 : Résultats moyens par site corporel des travailleurs observés pour le QEC.....	72
Tableau 4.13 : Résultats moyens généraux du QEC.....	73
Tableau 4.14 : Comparaison des indices généraux QEC entre les situations <i>Avant</i> et <i>Après 2</i> (anova)	73
Tableau 4.15 : Risque relatif moyen de blessures au niveau du bas du dos.....	74
Tableau 4.16 : Comparaison des indices LBPR des charges maximales (4D Watbak) entre les situations <i>Avant</i> et <i>Après 2</i> (anova).....	75
Tableau 4.17 : Comparaison des indices LBPR des charges cumulatives (4D Watbak) entre les situations <i>Avant</i> et <i>Après 2</i> (anova).....	75
Tableau 4.18 : Résultats inter-méthodes : entre OCRA et QEC.....	76
Tableau 4.19 : Résultats inter-méthodes : entre QEC et 4D Watbak	77
Tableau 4.20 : Temps de préparation et d'application des trois méthodes utilisées.....	78
Tableau 4.21 : Détails des temps de prise de données et de préparation ainsi que d'application de deux des trois méthodes	80
Tableau 4.22 : Observations liées à la production faites au poste de travail	81
Tableau 4.23 : Observations liées à l'ergonomie et à la SST faites au poste de travail	82
Tableau 4.24 : Commentaires des travailleurs en lien avec la production	84
Tableau 4.25 : Commentaires des travailleurs en lien avec l'ergonomie	85
Tableau 4.26 : Questions posées aux travailleurs lors d'une réunion du comité des scieurs	87
Tableau 4.27 : Implication de l'auteur de ce mémoire dans la mise en place du manuel de formation.....	89
Tableau 5.1 : Récapitulatif de l'évolution des facteurs de risques et indices de la méthode OCRA	97
Tableau 5.2 : Situation <i>Après 2</i> – Récapitulatif des principales zones corporelles à risques et de leurs causes.....	101
Tableau 5.3 : Variation du risque relatif moyen de blessures au niveau du bas du dos.....	104

Tableau II.1 : Travailleur #2 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations	137
Tableau II.2 : Travailleur #3 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations	137
Tableau II.3 : Travailleur #4 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations	138
Tableau II.4 : Travailleur #11 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations	138
Tableau II.5 : Travailleur #12 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations	139
Tableau II.6 : Travailleur #13 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations	139
Tableau II.7 : Travailleur #14 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations	139
Tableau II.8 : Travailleur #15 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations	140
Tableau III.1 : Travailleur #3 – Risque relatif de blessures au niveau du bas du dos	141
Tableau III.2 : Travailleur #4 – Risque relatif de blessures au niveau du bas du dos	141
Tableau III.3 : Travailleur #11 – Risque relatif de blessures au niveau du bas du dos	141
Tableau III.4 : Travailleur #13 – Risque relatif de blessures au niveau du bas du dos	142
Tableau III.5 : Travailleur #14 – Risque relatif de blessures au niveau du bas du dos	142
Tableau V.1 : Situation <i>Avant</i> – Effort nécessaire à chacun des mouvements selon l'échelle de Borg CR10	155
Tableau V.2 : Situation <i>Après 1</i> – Effort nécessaire à chacun des mouvements selon l'échelle de Borg CR10	156
Tableau V.3 : Situation <i>Après 2</i> – Effort nécessaire à chacun des mouvements selon l'échelle de Borg CR10	157

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Le parapluie KAIZEN (tiré de Imai, 1986)	4
Figure 1.2 : Aspect multifactoriel des TMS (tiré de Imbeau et coll., 2004).....	10
Figure 1.3 : Formulaire OCRA a : Résumé des données pour le calcul de l'index d'exposition aux mouvements répétitifs des membres supérieurs (traduit et adapté de Ringelberg et Koukoulaki, 2002)	13
Figure 1.4 : Formulaire OCRA b : Calcul de l'index de risque OCRA (traduit et adapté de Ringelberg et Koukoulaki, 2002).....	14
Figure 1.5 : Formulaire d'évaluation QEC (tiré de référence Internet, 5)	15
Figure 1.6 : Feuille de pointage QEC (tiré de référence Internet, 5).....	16
Figure 3.1 : Photos montrant le poste de travail dans la situation initiale (<i>Avant</i>)	28
Figure 3.2 : Situation <i>Avant</i> – Équipements, position des travailleurs et sens du flot de poisson	28
Figure 3.3 : Situation <i>Avant</i> – Diagramme décrivant les différentes tâches de travail	29
Figure 3.4 : Situation <i>Après 1</i> – Équipements, position des travailleurs et sens du flot de poisson	30
Figure 3.5 : Situation <i>Après 1</i> – Diagramme décrivant les différentes tâches de travail	31
Figure 3.6 Situation <i>Après 2</i> – Équipements, position des travailleurs et sens du flot de poisson	32
Figure 3.7 : Situation <i>Après 2</i> – Diagramme décrivant les différentes tâches de travail	33
Figure 3.8 : Graphique montrant la collecte des données de l'identification de la distribution du travail et des pauses pour les situations <i>Avant</i> et <i>Après 1</i>	37
Figure 3.9 : Exemple de formulaire décrivant l'organisation du travail.....	39
Figure 3.10 : Exemple de formulaire d'évaluation de la force appliquée avec l'échelle de Borg CR10 - Côté gauche ou droit	40
Figure 3.11 : Formulaire d'évaluation de posture des membres supérieurs (tiré de Ringelberg et Koukoulaki, 2002)	42
Figure 3.12 : Exemple d'écran de saisie pour les informations générales sur les tâches de travail	47

Figure 3.13 : Une représentation schématique de six approches utilisées pour calculer les charges cumulatives à L4/L5 (tiré de Callaghan et al., 2001) : (a) Situation idéale; (b) 5 Hz; (c) Carré; (d) Travail/repos; (e) Travail seulement; (f) par composantes.	48
Figure 3.14 : Exemple d'une page de résultats obtenue par le logiciel pour le LBPRI	50
Figure 3.15 : Moments des différentes prises de données	51
Figure 4.1 : Situation Avant - Feuille de calcul OCRA	69
Figure 4.2 : Situation Après 2 - Feuille de calcul OCRA	70
Figure I.1 : <i>Avant</i> - Travailleur #11 - Résultats OCRA.....	125
Figure I.2 : <i>Avant</i> - Travailleur #13 - Résultats OCRA.....	126
Figure I.3 : <i>Avant</i> - Travailleur #14 - Résultats OCRA.....	127
Figure I.4 : <i>Avant</i> - Travailleur #15 - Résultats OCRA.....	128
Figure I.5 : <i>Après 1</i> - Travailleur #2 - Résultats OCRA.....	129
Figure I.6 : <i>Après 1</i> - Travailleur #3 - Résultats OCRA.....	130
Figure I.7 : <i>Après 1</i> - Travailleur #4 - Résultats OCRA.....	131
Figure I.8 : <i>Après 1</i> - Travailleur #11 - Résultats OCRA	132
Figure I.9 : <i>Après 1</i> - Travailleur #12 - Résultats OCRA	133
Figure I.10 : <i>Après 2</i> - Travailleur #3 - Résultats OCRA	134
Figure I.11 : <i>Après 2</i> - Travailleur #4 - Résultats OCRA	135
Figure I.12 : <i>Après 2</i> - Travailleur #11 - Résultats OCRA	136
Figure IV.1 : Situation <i>Avant</i> - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche A.....	143
Figure IV.2 : Situation <i>Avant</i> - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche B.....	144
Figure IV.3 : Situation <i>Avant</i> - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche C.....	146
Figure IV.4 : Situation <i>Avant</i> - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche D	147
Figure IV.5 : Situation <i>Après 1</i> - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche A.....	148
Figure IV.6 : Situation <i>Après 1</i> - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche B.....	149
Figure IV.7 : Situation <i>Après 1</i> - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche C.....	150

Figure IV.8 : Situation <i>Après 1</i> - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche D	151
Figure IV.9 : Situation <i>Après 2</i> - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche A.....	152
Figure IV.10 : Situation <i>Après 2</i> - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche B.....	153
Figure IV.11 : Situation <i>Après 2</i> - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche D	154
Figure V.1 : Situation <i>Après 1</i> - Feuille de calcul OCRA	158

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AP1	Situation <i>Après 1</i>
AP2	Situation <i>Après 2</i>
AV	Situation <i>Avant</i>
CSST	Commission de la Santé et de la Sécurité au Travail
EMG	Électromyographie
JSI	« Job Strain Index »
LBPR	« Low Back Pain Reporting »
LBPRI	« Low Back Pain Reporting Index »
MSD	« Musculoskeletal Disorders »
MTM	« Methods-Time Measurement »
OCRA	« OCcupational Repetitive Actions »
PDA	« Personal Digital Assistant »
PLIBEL	« Method for the identification of musculoskeletal stress factors which may have injurious effects »
PVA	Production à valeur ajoutée
QEC	« Quick Exposure Check »
REBA	« Rapid Entire Body Assessment »
RULA	« Rapid Upper Limb Assessment »
SMED	« Single Minute Exchange of Die »
SST	Santé et sécurité au travail
TMS	Troubles musculo-squelettiques
UAS	« Universal Analysis System »
UMT	Unité de Mesure de Temps OU Universal Measurement Tool
VA	Valeur ajoutée

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I – OCRA : RÉSULTATS PAR TRAVAILLEUR.....	125
ANNEXE II – QEC : RÉSULTATS PAR TRAVAILLEUR.....	137
ANNEXE III – 4D WATBAK : RÉSULTATS PAR TRAVAILLEUR.....	141
ANNEXE IV – DIAGRAMMES DE DÉROULEMENT MAIN GAUCHE-MAIN DROITE.....	143
ANNEXE V – EFFORT NÉCESSAIRE À CHACUN DES MOUVEMENTS.....	155
ANNEXE VI – OCRA : SITUATION <i>APRÈS 1</i>	158

INTRODUCTION

L'ergonomie et l'amélioration continue sont maintenant implantées dans certaines entreprises. Dans un contexte terrain où l'amélioration continue est bien implantée, l'ergonomie des postes de travail peut être influencée. Ainsi dans le cadre du processus d'amélioration continue d'un poste de travail particulier d'une entreprise, lié à une visite et des recommandations faites par un inspecteur de la Commission de la Santé et de la Sécurité au Travail (CSST), les risques de troubles musculo-squelettiques (TMS) ont été évalués pour déterminer les impacts des modifications sur les risques de TMS aux membres supérieurs. Les modifications au poste de travail sont donc en lien avec les recommandations de l'inspecteur mais ont aussi pour but d'améliorer la productivité et la qualité du produit.

Le présent mémoire commence donc par une revue de la littérature (chapitre 1) touchant l'amélioration continue, l'ergonomie participative et les méthodes d'évaluation des facteurs de risques de TMS. De là, la problématique et les objectifs (chapitre 2) sont énoncés pour ensuite présenter la méthodologie (chapitre 3) utilisée dans cette recherche. Dans ce chapitre, une mise en situation sur le contexte de la recherche et les sujets observés sont tout d'abord décrits, pour ensuite présenter les méthodes utilisées pour évaluer les risques de TMS, mais aussi de quelles façons leurs résultats sont analysés. Par la suite, le chapitre des résultats (chapitre 4) énonce les différents résultats obtenus avec les différentes méthodes. À certaines occasions des résultats intermédiaires sont aussi présentés pour soutenir la discussion du chapitre suivant. Finalement, la discussion (chapitre 5) est une analyse critique des résultats obtenus qui montre aussi les limites de cette étude.

CHAPITRE 1 - ERGONOMIE ET AMÉLIORATION CONTINUE : REVUE DE LITTÉRATURE

L'amélioration continue et la mise en pratique de l'ergonomie sont deux démarches qui peuvent être appliquées indépendamment l'une de l'autre ou conjointement. Pour comprendre comment ces deux démarches peuvent s'influencer et les bénéfices d'être appliquées conjointement, une mise en contexte sur l'amélioration continue et ses liens avec l'ergonomie s'impose. La démarche participative en ergonomie est ensuite explicitée pour montrer comment certaines méthodes de l'ergonomie peuvent ressembler aux principes de l'amélioration continue. Finalement, les principaux facteurs de risques de TMS et les différents outils et méthodes utilisés en ergonomie pour leur évaluation sont présentés.

1.1 Amélioration continue et impacts sur la santé et sécurité au travail (SST) et l'ergonomie des postes de travail

Le mot KAIZEN est de nos jours très en vogue (référence Internet, 1). Ce mot japonais signifie amélioration continue. L'amélioration continue prend d'ailleurs différentes formes. Les principaux concepts et approches en amélioration continue sont donc revus ainsi que ce qui est connu de leurs effets sur la SST. Les liens entre les améliorations ergonomiques et la productivité et la qualité sont finalement présentés.

1.1.1 Principaux concepts et approches en amélioration continue

Différentes méthodes et démarches existent en amélioration continue. Parmi les plus connues, il y a le KAIZEN, le « lean manufacturing », la production à valeur ajoutée (PVA) et les 5S. Tout d'abord, les KAIZEN ont fait leur apparition au Japon et ont pour éléments clés la qualité, l'effort, la participation de tous les employés, la volonté de changer et la communication (référence Internet, 2). La notion de KAIZEN, comme le

montre Imai (1986) avec le concept du parapluie présenté à la Figure 1.1, sous-tend les autres méthodes d'amélioration continue. Ainsi la principale stratégie du KAIZEN est de ne pas laisser passer une journée sans apporter une amélioration à un endroit dans la compagnie (Imai, 1986). Cette notion n'est cependant pas qu'une démarche d'amélioration continue, mais est aussi une philosophie de vie et d'entreprise (référence Internet, 2). Pour sa part, le « lean manufacturing », quelques fois appelé « lean thinking », consiste en une série de techniques qui permettent au produit d'être fabriqué une unité à la fois, à un rythme établi, avec élimination des temps sans valeur ajoutée, temps d'attente ou autres délais (Hobbs, 2004). Comme l'indique Hobbs (2004), son but est donc d'établir une ligne de production capable de produire plusieurs produits, un à la fois, en utilisant seulement le temps nécessaire à sa fabrication. La PVA, qui a pour ancêtre le « lean manufacturing », consiste à « optimiser l'ensemble des processus et des opérations de manière à ajouter de la valeur à chaque étape de production et à s'assurer le maximum de flexibilité » (référence Internet, 3). Finalement, les 5S, considérés par Imai (1986) comme les cinq étapes du mouvement KAIZEN, consistent à S'organiser (seiri), Situer (seiton), Scintiller (seiso), Standardiser (seiketsu) et Suivre (shitsuke) (référence Internet, 4). La méthode des 5S demande donc d'appliquer les cinq étapes présentées pour garder un environnement de travail fonctionnel (référence Internet, 4). Ainsi, depuis l'arrivée des KAIZEN, les principes de l'amélioration continue se sont répandus un peu partout à travers le monde et, de nos jours, de plus en plus d'entreprises font appel à l'amélioration continue et à la production à valeur ajoutée dans le but d'améliorer autant la productivité que la qualité. La production à valeur ajoutée est donc devenue le modèle de production à privilégier par rapport à la production de masse pour sa capacité à produire une meilleure qualité et une plus grande variété de produits afin de satisfaire la clientèle (Genaidy et Karwowski, 2003).



Figure 1.1 : Le parapluie KAIZEN (tiré de Imai, 1986)

1.1.2 Impact des approches d'amélioration continue sur la SST et l'ergonomie des postes de travail

Les approches d'amélioration continue explicitées précédemment peuvent avoir un effet sur la SST et l'ergonomie du poste de travail. Shoaf et al. (2004) mentionnent d'ailleurs que les méthodes d'amélioration continue, comme le « lean manufacturing », ont seulement visé l'optimisation des processus. Cependant en mettant l'accent sur l'efficacité, elles ont oublié de considérer les effets de l'amélioration du procédé sur la qualité de vie des travailleurs. Stuart et al. (2003) mentionnent de leur côté que :

If lean manufacturing techniques are completely followed and delivered, the ergonomics climate, as well as the production environment, should also be improved. Unfortunately, sometimes only the production and manufacturing aspects of the process are addressed during lean manufacturing improvement activities. There have been cases where lean activities have reduced the number of steps previously required during parts processing while also inadvertently increasing the amount of repetitive motion required on the part of the human operators.

Ainsi, l'amélioration continue peut avoir des impacts positifs sur l'ergonomie du poste de travail, comme des conséquences contraires peuvent être induites selon son application. Pour éviter des impacts négatifs sur l'humain, Stuart et al. (2003) recommandent d'ailleurs d'intégrer des activités touchant l'ergonomie dans le processus d'amélioration continue. Cependant, Genaidy et Karwowski (2003) ont publié un article

sur les impacts de l'amélioration continue sur l'humain. Cet article compare différents résultats obtenus par d'autres auteurs et mentionne, qu'au moment de sa publication, « research on human performance in lean production environment has been hampered by inadequacies of prior field studies both from a theoretical and methodological standpoint ». Ces résultats mènent donc à penser que, les impacts réels de l'amélioration continue sur la SST et l'ergonomie des postes de travail restent encore nébuleux. En effet, Genaidy et Karwowski (2003) mentionnent que rien ne demeure plus incertain que l'impact des stratégies d'amélioration continue sur la charge de travail et sur la santé des travailleurs.

1.1.3 Liens entre les améliorations ergonomiques et la productivité et la qualité

Comme il a été présenté précédemment, lorsque des améliorations au niveau de la production et de la qualité sont faites, les risques sur la santé des travailleurs peuvent varier. Pour éviter que la santé des travailleurs se détériore, de plus en plus d'entreprises prennent conscience de l'importance de prendre en compte l'ergonomie dans un processus d'amélioration continue non seulement pour améliorer les conditions de travail, mais aussi pour améliorer la qualité et la productivité (Helander et Burri, 1995). L'exemple de Mikami et al. (2003) nous montre d'ailleurs une application de l'ergonomie lors d'un KAIZEN pour améliorer les conditions de travail des travailleurs plus âgés. Cette étude a montré que, suite aux améliorations ergonomiques, des améliorations au niveau de la productivité ont également été observées. Ce n'est d'ailleurs pas le seul exemple où des modifications ergonomiques ont eu un effet positif sur la productivité d'une entreprise. De Macedo Guimarães et al. (2000) ont aussi montré un exemple similaire chez un manufacturier de compteur électrique. Les modifications ergonomiques ont là aussi mené à des améliorations au niveau de la production. L'ergonomie n'a pas seulement un lien avec la productivité d'une entreprise, mais peut aussi être liée au niveau de la qualité des produits. Eklund (1995) et Lin et al. (2001) ont d'ailleurs remarqué un lien entre les problèmes ergonomiques et les déficiences de la qualité. González et al. (2003) ont même

démontré que, dans certains cas, des améliorations ergonomiques peuvent contribuer positivement à la qualité et aussi donner des résultats monétaires positifs. Tenir compte de l'ergonomie peut donc avoir des effets positifs sur une entreprise entre autres en améliorant la productivité et la qualité des produits.

1.2 Démarche participative en ergonomie

Comme montré aux sections précédentes, l'ergonomie aide à améliorer la productivité et la qualité d'une entreprise. Le mot ergonomie vient d'ailleurs du grec « ergon » (travail) et « nomos » (loi) (Colombini et al., 2002) et a pour définition :

A science concerned with developing and applying knowledge about human performance capabilities, limitation and other characteristics as they related to the design of the interfaces between people and work. The goal of an ergonomics programme is to identify and prevent or reduce occupational health and safety problems including work related musculoskeletal disorders. (Hagberg et al., 1995)

Effectivement, des évidences épidémiologiques liant les paramètres de la configuration des postes de travail à l'incidence de problèmes au bas du dos, aux membres supérieurs, au cou et d'autres TMS dominant la littérature ergonomique (Resnik et Zanotti, 1997). Pour améliorer l'ergonomie et la configuration de postes de travail, une approche comparable aux KAIZEN est applicable. Cette approche est l'ergonomie participative. Celle-ci, comme les KAIZEN, demande entre autres que les travailleurs soient impliqués activement dans la démarche d'amélioration de l'ergonomie de leur poste de travail (Noro et Imada, 1991, Nagamachi, 1995 et Stuart et al., 2003). L'ergonomie participative implique donc qu'un groupe de travail soit mis en place en vue de résoudre les problèmes ergonomiques d'un poste de travail. Ce groupe de travail devrait être composé de travailleurs, de superviseurs ainsi que de gestionnaires, tout comme dans le cas des KAIZEN (Nagamachi, 1995). Stuart et al. (2003) montrent même que les groupes d'ergonomie participative qui ont le plus de succès sont ceux qui sont composés de membres de la gestion, d'employés, de membres du syndicat, de la sécurité, de l'ingénierie des procédés, de l'ergonomie et du personnel médical. Ceci ne doit cependant pas être restrictif, un groupe de travail devant être composé

minimalement de gestionnaires, de superviseurs et de travailleurs (Nagamachi, 1995). Toutefois, un élément important au bon fonctionnement de ces groupes d'ergonomie participative est la confiance mutuelle entre les différents partis (Laitinen et al., 1997), sans laquelle il sera difficile d'arriver à des compromis intéressants pour tous. D'autres éléments sont cependant aussi nécessaires au bon fonctionnement comme le support de la gestion, l'implication des différents niveaux d'organisation de l'entreprise, l'accès à des ressources extérieures, une approche non-directive mais définie, la flexibilité, le temps et l'information, le savoir et le pouvoir des participants (Haims et Carayon, 1998). De plus, certains prérequis sont nécessaires à l'application de l'ergonomie participative, un peu comme dans les KAIZEN, soit une participation directe des travailleurs, une organisation regroupant des superviseurs et des dirigeants, des outils et méthodes ergonomiques et un « Job design concept » (Nagamachi, 1995). Comme outils ergonomiques, certains auteurs indiquent la possibilité d'utiliser des outils provenant des groupes de qualité, nés des KAIZEN, comme les diagrammes de Pareto (Nagamachi, 1995). D'autres outils, venant cette fois de la pratique de l'ergonomie, peuvent cependant être utilisés, par exemple les listes de vérifications, les simulations, l'analyse de vidéos filmés au poste de travail et les méthodes d'évaluation des facteurs de risques de TMS (Noro et Imada, 1991 et Kuorinka, 1997). Également, comme dans le cas des groupes de KAIZEN, les groupes d'ergonomie participative ont pour objectif d'améliorer continuellement les processus mais en mettant surtout l'accent sur l'ergonomie et les facteurs de risques psychosociaux présents dans l'environnement de travail (Haims et Carayon, 1998). Les groupes d'ergonomie participative vont donc, dans certains cas, évaluer les risques de TMS du poste de travail.

1.3 Évaluation des facteurs de risques de TMS

Lors de l'évaluation d'un poste de travail, plusieurs facteurs de risques peuvent influencer les conditions de travail des travailleurs. Plusieurs outils peuvent être utilisés pour identifier les risques ou évaluer le niveau d'exposition aux risques reliés à la tâche ou au poste de travail. Ces outils peuvent être des guides généraux pour la conception

du travail, des listes de vérifications, des guides concernant les postures statiques et les mouvements de corps, des guides pour l'application de force sur des objets, des guides pour les activités de manutention de charges et d'objets ou des méthodes intégrées d'évaluation du risque de TMS aux membres supérieurs (Imbeau et coll., 2004). Ces différentes méthodes permettent de décrire et documenter la présence des différents facteurs de risques de TMS. Les méthodes intégrées permettent davantage d'analyser quantitativement les risques de TMS, et ce, pour l'activité de travail en entier et non pas pour une activité en particulier (Imbeau et coll., 2004). Ces méthodes sont donc à favoriser dans le cadre d'une analyse comparative des tâches de travail impliquées dans un projet d'amélioration continue, car, comme le mentionnent Imbeau et coll. (2004), « ces méthodes intégrées se prêtent très bien aux comparaisons avant et après des modifications implantées à une situation de travail pour évaluer le gain obtenu par les modifications en termes de réduction du risque ». Le poste de travail variant donc après chaque modification, ces méthodes permettront de déterminer quelles sont les améliorations ou détériorations de l'exposition aux TMS qui ont eu lieu tout au long du processus tout en déterminant si ces améliorations ou détériorations sont majeures ou restreintes. Finalement, pour compléter les analyses faites à l'aide des méthodes intégrées, il est aussi possible de faire une analyse particulière pour une région du corps, par exemple le dos.

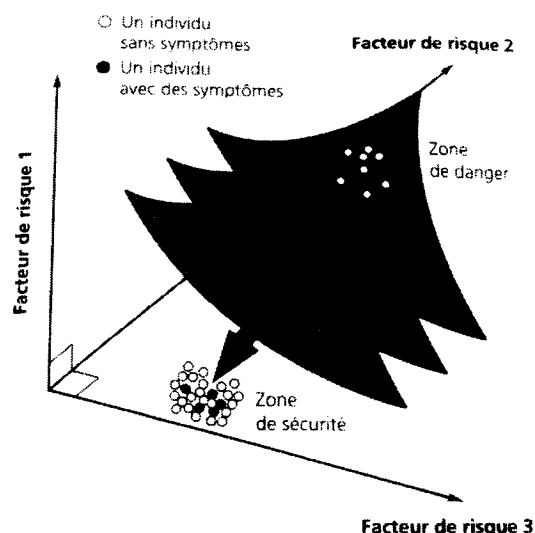
1.3.1 Facteurs de risques liés aux TMS

Les différentes méthodes d'évaluation des TMS touchent une variété de facteurs de risques. Les principaux facteurs de risques sont présentés au Tableau 1.1 en étant séparés en deux catégories : les facteurs de risques liés au travail et ceux n'y étant pas. Cette liste ne présente cependant pas tous les facteurs de risques pouvant causer des TMS. Les facteurs de risques les plus fréquemment évalués sont la posture, la force, les vibrations, la répétitivité, les caractéristiques organisationnelles et psychosociales (McAtamney et Corlett, 1993, Kemmlert, 1995, Moore et Garg, 1995, Occhipinti, 1998, Hignett et McAtamney, 2000 et référence Internet, 5). La combinaison des différents facteurs de risques ainsi que la durée de leur exposition vont influencer les risques de

TMS des travailleurs. La Figure 1.2, tirée de Imbeau et coll. (2004), montre de façon imagée comment l'exposition à trois facteurs de risques peut être acceptable selon la durée d'exposition. Ainsi les trois courbes correspondent à des niveaux d'exposition qui sont acceptables pour une durée fixe de huit, quatre ou deux heures (Imbeau et coll., 2004). De plus, il est possible de voir, à l'aide des points de cette figure, que même avec une faible exposition aux facteurs de risques, certaines personnes auront tout de même des symptômes liés aux TMS. Par conséquent, lorsqu'un travailleur est fortement exposé à différents facteurs de risques, la durée de son travail devra être diminuée pour éviter de trop grands risques de TMS. En effet, il a été montré par plusieurs auteurs que les facteurs de risques de TMS, et par conséquent le travail, peuvent causer des maladies professionnelles. En effet, Hagberg et al. (1995) ont montré plusieurs exemples de troubles au cou et aux membres supérieurs ayant pour origine le travail. Les ouvrages de Violante et al. (2000) et Freivalds (2004) montrent d'ailleurs des exemples similaires. Ainsi une exposition élevée à des facteurs de risques au travail va fortement influencer les risques de TMS et le développement de maladies professionnelles.

Tableau 1.1 : Liste non exhaustive des principaux facteurs de risques occupationnels et non occupationnels de TMS reliés au travail (traduit de Colombini et al., 2002)

Facteurs liés au travail	Facteurs non liés au travail
Mouvements répétitifs Haute fréquence et vitesse Utilisation de la force Posture inadéquate Compression des structures anatomiques Récupération insuffisante Vibrations Outil non ergonomique Utilisation de gants mal ajustés Exposition au froid Travail à la pièce Fractionnement du travail Manque d'expérience de travail	Genre Âge Traumas et fractures Condition hormonale Activités de loisirs Structure anthropométrique Condition psychologique



Source: Traduit et adapté de Tanaka, S., et McGrothlin, J.D. (1993) «A conceptual quantitative model for prevention of work-related carpal tunnel syndrome (CTS)», *International Journal of Industrial Ergonomics*, 11: 181-193.

Figure 1.2 : Aspect multifactoriel des TMS (tiré de Imbeau et coll., 2004)

1.3.2 Méthodes intégrées d'évaluation des risques TMS

Plusieurs méthodes intégrées ont été développées pour faire l'évaluation de postes de travail. Ces méthodes touchent différents facteurs de risques et différentes parties du corps. Le Tableau 1.2 résume donc les facteurs de risques et les sites corporels considérés par six méthodes intégrées. La principale caractéristique qui touche toutes ces méthodes est qu'elles tiennent compte des postures contraignantes. De plus, toutes les méthodes, sauf la méthode PLIBEL, tiennent compte, en plus des postures contraignantes, des facteurs de risques comme la répétition et la force. Cependant, les méthodes OCRA et QEC touchent des facteurs additionnels présents dans l'environnement de travail et qui peuvent affecter les conditions de travail. En plus de tenir compte de facteurs de risques différents, les différentes méthodes intégrées présentées au Tableau 1.2 ne visent pas toutes les mêmes parties du corps. En fait, seuls le JSI et l'OCRA sont centrés sur l'évaluation des membres supérieurs, le JSI se centre même plus sur l'extrémité des membres supérieurs. Les principales étapes de l'application des méthodes intégrées OCRA et QEC sont résumées en regardant chacune des méthodes à la fois.

Tableau 1.2 : Principales caractéristiques de six méthodes intégrées d'évaluation du risque de TMS (adapté de Imbeau et coll., 2004)

Méthode	Facteurs de risques considérés	Sites corporels visés
JSI « The Job Strain Index » Moore et Garg, 1995	Répétition Force Postures contraignantes	Mains Poignets
RULA « Rapid Upper Limb Assessment » McAtamney et Corlett, 1993	Répétition Force Postures contraignantes	Poignets Avant-bras Coudes Épaules Cou Tronc
REBA « Rapid Entire Body Assessment » Hignett et McAtamney, 2000	Répétition Force Postures contraignantes	Poignets Avant-bras Coudes Épaules Cou Tronc Dos Jambes Genoux
PLIBEL « Method for the identification of musculoskeletal stress factors which may have injurious effect » Kemmlert, 1995	Postures contraignantes Fatigue des mouvements de travail Mauvais design du poste de travail et des outils Environnement stressant ou conditions d'organisation	Cou/épaules et partie supérieure du dos Épaules, avant-bras et mains Pieds Genoux et hanches Bas du dos
OCRA « Occupational Repetitive Actions » Occhipinti, 1998	Répétition Fréquence Force Posture et mouvements Récupération Facteur additionnels : précision, pressions mécaniques, mouvements rapides, etc.	Mains Poignets Avant-bras Coudes Épaules
QEC « Quick Exposure Check » Li et Buckle, 1999	Postures contraignantes Fréquence Force Durée Demande visuelle Facteurs additionnels : conduite d'un véhicule, outils vibrants, rythme de travail, niveau de stress.	Dos Épaules et bras Poignets et mains Cou

La méthode OCRA (Colombini, 1998, Grieco, 1998, Occhipinti, 1998, Colombini et al., 1999 et Colombini et al., 2002) estime les risques de TMS aux membres supérieurs. Pour ce faire, la méthode OCRA analyse les mouvements répétitifs des membres supérieurs et les différents facteurs de risques associés aux TMS des membres supérieurs. L'application de cette méthode se fait en quatre grandes étapes. Une première étape consiste à faire des observations sur le terrain pour recueillir toutes les informations nécessaires à l'analyse. Ensuite, une analyse de l'organisation du travail est faite. De là, les différents risques présents sont identifiés et décrits pour finalement calculer l'indice OCRA (Figure 1.3 et Figure 1.4). Une fois cet indice déterminé, il est possible de spécifier dans quel intervalle de risques se situe la situation observée soit : acceptable, acceptable sous conditions ou non-acceptable.

La méthode QEC (Li et Buckle, 1999 et référence Internet, 5) évalue l'exposition aux TMS pour les quatre grandes parties du corps les plus à risques soit le dos, la région épaule/bras, la région poignet/main et le cou. Elle utilise une méthode semi-participative qui implique l'observateur et les travailleurs observés. L'application de cette méthode se fait en quatre grandes étapes. Une première étape consiste à faire des observations et à noter les informations recueillies à cet effet sur la grille (Figure 1.5). Ensuite, il faut rencontrer la personne observée (travailleur) pour lui poser les questions relatives au travailleur. Une fois toutes ces données recueillies, il est possible de déterminer le pointage de chaque partie du corps à l'aide de la grille de correspondance (Figure 1.6). Ce pointage nous indique le niveau d'exposition en lien avec la partie du corps (bas, modéré, élevé ou très élevé). Finalement, il est possible, si cela s'avère nécessaire, de déterminer un indice unique afin de juger du type d'action à entreprendre : acceptable, rechercher un peu plus, rechercher un peu plus et effectuer des changements rapidement, rechercher et changer immédiatement (Brown et Li, 2003).

Ligne ou département :

Poste :

Quart :

Côté gauche

Caractéristiques des tâches répétitives effectuées pendant le quart de travail

	A	B	C	D
Durée de la tâche pendant le quart (min)				
Temps de cycle moyen (s)				
Fréquence des tâches (par quart de travail)				
Total des tâches (par quart de travail)				
Total des tâches (par quart de travail)		Ac		

Côté droit

Caractéristiques des tâches répétitives effectuées pendant le quart de travail

	A	B	C	D
Durée de la tâche pendant le quart (min)				
Temps de cycle moyen (s)				
Fréquence des tâches (par quart de travail)				
Total des tâches (par quart de travail)				
Total des tâches (par quart de travail)		Ac		

Caractéristiques des tâches non-répétitives effectuées pendant le quart de travail

	X	Y	Z
Durée (min)			
Complète à la fois les tâches			
Non complète à la fois les tâches			
Temps de cycle moyen (s) des tâches répétitives			
Temps de cycle moyen (s) des tâches non-répétitives			

Caractéristiques des pauses pendant le quart de travail

Durée des pauses (min)	
Autres pauses	
Durée des pauses (min)	

Nombre d'heures dans le quart de travail où il y a un manque de temps de récupération

Figure 1.3 : Formulaire OCRA a : Résumé des données pour le calcul de l'index d'exposition aux mouvements répétitifs des membres supérieurs (traduit et adapté de Ringelberg et Koukoulaki, 2002)

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

Garde-marche				Chaise-banc				Tâche/s
A	B	C	D	A	B	C	D	C.F.
30	30	30	30	30	30	30	30	

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1		0,7		0,6		0,5		0,33

	A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Épaule									
Coude									
Poignet									
Main									

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
								Fc

Durée des tâches répétitives (minutes)

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

Causes	Prévenir

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0

Fr

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480
Facteur	2		1,5		1		0,5	

Fd

Causes	Prévenir

I.E.

Ae		
Arp		
I.E.		

Figure 1.4 : Formulaire OCRA b : Calcul de l'index de risque OCRA (traduit et adapté de Ringelberg et Koukoulaki, 2002)

Worker's name _____ Date _____

Observer's Assessment

Back

A When performing the task, is the back
(select worse case situation)

A1 ☐ Almost neutral?

A2 ☐ Moderately flexed or twisted or side bent?

A3 ☐ Excessively flexed or twisted or side bent?

B Select ONLY ONE of the two following task options:

EITHER

For seated or standing stationary tasks. Does the back remain in a static position most of the time?

B1 ☐ No

B2 ☐ Yes

OR

For lifting, pushing/pulling and carrying tasks (i.e. moving a load). Is the movement of the back

B3 ☐ Infrequent (around 3 times per minute or less)?

B4 ☐ Frequent (around 8 times per minute)?

B5 ☐ Very frequent (around 12 times per minute or more)?

Shoulder/Arm

C When the task is performed, are the hands
(select worse case situation)

C1 ☐ At or below waist height?

C2 ☐ At about chest height?

C3 ☐ At or above shoulder height?

D Is the shoulder/arm movement

D1 ☐ Infrequent (some intermittent movement)?

D2 ☐ Frequent (regular movement with some pauses)?

D3 ☐ Very frequent (almost continuous movement)?

Wrist/Hand

E Is the task performed with
(select worse case situation)

E1 ☐ An almost straight wrist?

E2 ☐ A deviated or bent wrist?

F Are similar motion patterns repeated

F1 ☐ 10 times per minute or less?

F2 ☐ 11 to 20 times per minute?

F3 ☐ More than 20 times per minute?

Neck

G When performing the task, is the head/neck bent or twisted?

G1 ☐ No

G2 ☐ Yes, occasionally

G3 ☐ Yes, continuously

Worker's Assessment

Workers

H Is the maximum weight handled MANUALLY BY YOU in this task?

H1 ☐ Light (5 kg or less)

H2 ☐ Moderate (6 to 10 kg)

H3 ☐ Heavy (11 to 20kg)

H4 ☐ Very heavy (more than 20 kg)

J On average, how much time do you spend per day on this task?

J1 ☐ Less than 2 hours

J2 ☐ 2 to 4 hours

J3 ☐ More than 4 hours

K When performing this task, is the maximum force level exerted by one hand?

K1 ☐ Low (e.g. less than 1 kg)

K2 ☐ Medium (e.g. 1 to 4 kg)

K3 ☐ High (e.g. more than 4 kg)

L Is the visual demand of this task

L1 ☐ Low (almost no need to view fine details)?

*L2 ☐ High (need to view some fine details)?

** If High, please give details in the box below*

M At work do you drive a vehicle for

M1 ☐ Less than one hour per day or Never?

M2 ☐ Between 1 and 4 hours per day?

M3 ☐ More than 4 hours per day?

N At work do you use vibrating tools for

N1 ☐ Less than one hour per day or Never?

N2 ☐ Between 1 and 4 hours per day?

N3 ☐ More than 4 hours per day?

P Do you have difficulty keeping up with this work?

P1 ☐ Never

P2 ☐ Sometimes

*P3 ☐ Often

** If Often, please give details in the box below*

Q In general, how do you find this job

Q1 ☐ Not at all stressful?

Q2 ☐ Mildly stressful?

*Q3 ☐ Moderately stressful?

*Q4 ☐ Very stressful?

** If Moderately or Very, please give details in the box below*

* Additional details for L, P and Q if appropriate

* L

* P

* Q

Figure 1.5 : Formulaire d'évaluation QEC (tiré de référence Internet, 5)

Exposure Scores Worker's name _____ Date _____

Back

Back Posture (A) & Weight (H)

	A1	A2	A3
H1	2	4	6
H2	4	6	8
H3	6	8	10
H4	8	10	12

Score 1

Back Posture (A) & Duration (J)

	A1	A2	A3
J1	2	4	6
J2	4	6	8
J3	6	8	10

Score 2

Duration (J) & Weight (H)

	J1	J2	J3
H1	2	4	6
H2	4	6	8
H3	6	8	10
H4	8	10	12

Score 3

Now do **ONLY** 4 if static
OR 5 and 6 if manual handling

Static Posture (B) & Duration (J)

	B1	B2
J1	2	4
J2	4	6
J3	6	8

Score 4

Frequency (B) & Weight (H)

	B3	B4	B5
H1	2	4	6
H2	4	6	8
H3	6	8	10
H4	8	10	12

Score 5

Frequency (B) & Duration (J)

	B3	B4	B5
J1	2	4	6
J2	4	6	8
J3	6	8	10

Score 6

Total score for Back
Sum of scores 1 to 4 **OR**
Scores 1 to 3 plus 5 and 6

Shoulder/Arm

Height (C) & Weight (H)

	C1	C2	C3
H1	2	4	6
H2	4	6	8
H3	6	8	10
H4	8	10	12

Score 1

Height (C) & Duration (J)

	C1	C2	C3
J1	2	4	6
J2	4	6	8
J3	6	8	10

Score 2

Duration (J) & Weight (H)

	J1	J2	J3
H1	2	4	6
H2	4	6	8
H3	6	8	10
H4	8	10	12

Score 3

Frequency (D) & Weight (H)

	D1	D2	D3
H1	2	4	6
H2	4	6	8
H3	6	8	10
H4	8	10	12

Score 4

Frequency (D) & Duration (J)

	D1	D2	D3
J1	2	4	6
J2	4	6	8
J3	6	8	10

Score 5

Total score for Shoulder/Arm
Sum of Scores 1 to 5

Wrist/Hand

Repeated Motion (F) & Force (K)

	F1	F2	F3
K1	2	4	6
K2	4	6	8
K3	6	8	10

Score 1

Repeated Motion (F) & Duration (J)

	F1	F2	F3
J1	2	4	6
J2	4	6	8
J3	6	8	10

Score 2

Duration (J) & Force (K)

	J1	J2	J3
K1	2	4	6
K2	4	6	8
K3	6	8	10

Score 3

Wrist Posture (E) & Force (K)

	E1	E2
K1	2	4
K2	4	6
K3	6	8

Score 4

Wrist Posture (E) & Duration (J)

	E1	E2
J1	2	4
J2	4	6
J3	6	8

Score 5

Total score for Wrist/Hand
Sum of Scores 1 to 5

Neck

Neck Posture (G) & Duration (J)

	G1	G2	G3
J1	2	4	6
J2	4	6	8
J3	6	8	10

Score 1

Visual Demand (L) & Duration (J)

	L1	L2
J1	2	4
J2	4	6
J3	6	8

Score 2

Total score for Neck
Sum of Scores 1 to 2

Driving

	M1	M2	M3
	1	4	9

Total for Driving

Vibration

	N1	N2	N3
	1	4	9

Total for Vibration

Work pace

	P1	P2	P3
	1	4	9

Total for Work pace

Stress

	Q1	Q2	Q3	Q4
	1	4	9	16

Total for Stress

Figure 1.6 : Feuille de pointage QEC (tiré de référence Internet, 5)

Les méthodes intégrées présentées précédemment ont chacune leurs avantages, leurs inconvénients et leurs limitations. Ces informations sont d'ailleurs résumées dans le Tableau 1.3. Toutes les méthodes intégrées présentées peuvent servir à faire une évaluation avant et après des modifications. Aussi, la majorité des méthodes sont très simples et rapides d'utilisation, car elles ne demandent que papier et crayon et un niveau minimal de connaissances sur les facteurs de risques et leur identification, comme c'est le cas des méthodes RULA, REBA, PLIBEL et QEC. Cet aspect est très important d'un point de vue de praticien et de la facilité d'application par les gens du milieu eux-mêmes qui, avec une formation adéquate, pourraient s'en servir dans le suivi permanent de situations de travail suite aux divers changements. Toutes les méthodes n'évaluent cependant pas de la même façon l'exposition des deux côtés du corps aux facteurs de risques. Certains outils donnent un indice général en prenant les pires situations quel que soit le côté du corps touché, d'autres demandent de faire une analyse complète des deux côtés de façon indépendante et, finalement, d'autres tiennent compte des deux côtés du corps et ce, en parallèle. Certaines méthodes comme RULA et REBA, demandent deux analyses successives pour tenir compte des deux côtés du corps, ce qui allonge donc le temps d'application de ces méthodes. Chacune des méthodes peut donc s'avérer intéressante à utiliser selon les caractéristiques qui doivent être observées, le temps accessible pour donner un résultat et la précision des résultats nécessaires. Il est donc très important de connaître le type d'évaluation nécessaire afin de choisir la méthode qui peut satisfaire les besoins de l'analyse. Ainsi dans le cas où un poste de travail doit être évalué en détail, des méthodes comme OCRA et QEC sont davantage intéressantes, car elles évaluent les membres supérieurs, des deux côtés du corps, une grande variété de facteurs de risques et l'interaction entre les facteurs de risques. De plus, ces méthodes tiennent compte de l'exposition (durée et fréquence) aux facteurs de risques.

Tableau 1.3 : Avantages, inconvénients et limitations de six méthodes intégrées d'évaluation des risques de TMS

Méthode	Avantages	Inconvénients	Limitations
JSI Moore et Garg, 1995	<ul style="list-style-type: none"> • Poste de travail problématique ou non • Comparaison inter-situations lors de modifications • Indice général pour les deux côtés 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de base sur des relations mathématiques explicites entre les variables • Pas de méthode pour les analyses à tâches multiples • Niveau de connaissances nécessaire à l'application de la méthode indéfini 	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluation des tâches et non des travailleurs • Application aux extrémités des membres supérieurs seulement • Aucune prédiction de certains troubles reliés aux extrémités des membres supérieurs
OCRA Occhipinti, 1998	<ul style="list-style-type: none"> • Interactions entre les facteurs de risques • Large panoplie de facteurs de risques • Comparaison inter-situations lors de modifications • Principales variables organisationnelles 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas facile d'application (complexité de la méthode, niveau de connaissances requis) • Ignore les variables psychosociales 	<ul style="list-style-type: none"> • Observations seulement • Centrée sur les membres supérieurs
PLIBEL Kemmlert, 1995	<ul style="list-style-type: none"> • Endroit précis où se trouve le problème • Utilisation simple (crayon, papier) • Comparaison inter-situations lors de modifications 	<ul style="list-style-type: none"> • Une section du corps à la fois • Non-évaluation de la durée dans le temps 	<ul style="list-style-type: none"> • Impossibilité d'un indice général afin d'identifier le risque • Procédure complète pour chaque section du corps pour une analyse du corps en entier
QEC Li et Buckle, 1999	<ul style="list-style-type: none"> • Application rapide • Utilisation simple (crayon, papier) • Large panoplie de facteurs de risques • Comparaison inter-situations lors de modifications 	<ul style="list-style-type: none"> • L'analyse d'une journée complète, implique de refaire l'analyse pour chaque tâche • Évaluation de la pire posture sans tenir compte de sa durée 	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluation d'une tâche à la fois, i.e. la plus contraignante • Emploi de la pire posture des deux côtés du corps
REBA Hignett et McAtamney, 2000	<ul style="list-style-type: none"> • Mêmes que RULA • Plus de facteurs de risques que RULA 	<ul style="list-style-type: none"> • Mêmes que RULA • Non-validation et contre-vérification avec une autre méthode 	<ul style="list-style-type: none"> • Mêmes que RULA
RULA McAtamney et Corlett, 1993	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation simple (crayon, papier) • Aucune habileté d'observation nécessaire • Comparaison inter-situations lors de modifications 	<ul style="list-style-type: none"> • Une posture à la fois • Choix éclairé de la posture pour éviter les analyses multiples • Analyses de différentes postures pour une vue d'ensemble 	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluation d'un côté à la fois • Ne donne qu'une priorité d'intervention • Pas d'indice général pour décrire l'ensemble de la tâche

1.3.3 Méthodes d'évaluation des risques de TMS spécifiques à la région du dos

Les méthodes d'évaluation des risques de TMS présentées précédemment touchent plusieurs parties du corps et plusieurs facteurs de risques. Cependant, dans certains cas, il peut s'avérer intéressant de faire une analyse particulière en profondeur d'une section du corps en particulier, le dos par exemple. Le dos est une partie du corps importante à évaluer en raison de la gravité et des conséquences des TMS reliés. En effet, des troubles musculo-squelettiques ponctuels ou chroniques, les maux de dos sont ceux les plus communs et significatifs (Daynard et al., 2001). Les principales causes de ces problèmes sont reliées aux charges maximales et aux charges cumulatives manipulées par les travailleurs (Kumar, 1990, Callaghan et al., 2001 et Daynard et al., 2001). Par conséquent, même si les charges maximales manipulées par les travailleurs sont diminuées, si les charges cumulatives ne le sont pas, les risques de problèmes au bas du dos vont continuer d'augmenter (Daynard et al., 2001). C'est pourquoi, pour faire une analyse complète de l'exposition au niveau du dos, il est préférable de tenir compte autant des charges maximales que des charges cumulatives. Certaines méthodes existent actuellement pour effectuer l'analyse des charges maximales, entre autres le logiciel 3DSSPP développé par l'Université du Michigan. D'autres méthodes offrent cependant plus de possibilités comme le logiciel 4D Watbak développé par l'Université de Waterloo. En effet, ce logiciel, en plus de tenir compte des charges maximales, tient compte des charges cumulées. La description des caractéristiques individuelles des différents sujets peut donc être entrée dans le logiciel, ainsi que la description des tâches de travail (temps, posture, force). Avec ces informations, le logiciel peut calculer les charges maximales et la charge cumulative pour en déduire un indice de risque. Le logiciel 4D Watbak ne présente cependant pas que des avantages, car il ne fait l'analyse des postures et des forces qu'en deux dimensions, selon le plan sagittal, alors le logiciel 3DSSPP permet d'effectuer une analyse en trois dimensions sans toutefois pouvoir faire l'analyse des charges cumulées. Comme les risques de TMS au niveau du dos sont liés autant aux charges maximales

manipulées qu'aux charges cumulées, l'évaluation de ces deux facteurs de risques s'avère nécessaire (Kumar, 1990, Callaghan et al., 2001 et Daynard et al., 2001).

En conclusion, les approches d'amélioration continue sont de plus en plus privilégiées par les entreprises pour améliorer leur productivité et qualité. La démarche KAIZEN est de loin la formule privilégiée pour mettre en place ces approches. Différentes méthodes existent par ailleurs, selon les objectifs visés et la philosophie de l'entreprise. Une démarche comparable au KAIZEN existe en ergonomie, soit l'ergonomie participative. Dans l'application de l'ergonomie participative, tout comme dans toute évaluation ergonomique de poste de travail, plusieurs méthodes d'évaluation des facteurs de risques existent. Les méthodes intégrées, qui analysent un ensemble de parties du corps tout en tenant compte de plusieurs facteurs de risques, semblent les plus adéquates dans un contexte d'amélioration continue, non seulement d'un point de vue de la productivité et de la qualité, mais aussi d'un point de vue santé musculo-squelettique des travailleurs. De plus, ces méthodes sont très intéressantes pour une analyse comparative, suite à des modifications à un poste de travail. Il peut cependant s'avérer intéressant de faire une analyse particulière d'une partie du corps en particulier, par exemple le dos. Des méthodes spécifiques à ces analyses sont disponibles et aident à compléter les analyses effectuées à l'aide des méthodes intégrées et ce, dans un contexte d'amélioration de la productivité et de la qualité. Tous ces éléments soulevés dans la littérature amènent donc un questionnement qui est présenté au prochain chapitre.

CHAPITRE 2 - PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS

Dans un contexte d'amélioration continue, comme il a été démontré par plusieurs auteurs dont entre autres Helander et Burri (1995), Stuart et al. (2003) et Shoaf et al. (2004), les modifications faites à un poste de travail peuvent avoir des impacts tant au niveau de la productivité, de la qualité, que de l'ergonomie et de la SST du poste de travail. Comme nous avons vu dans le chapitre précédent, pour évaluer l'impact des modifications effectuées à un poste de travail sur les risques de TMS, plusieurs méthodes d'évaluation des risques de TMS existent : les méthodes intégrées, les plus intéressantes dans un contexte d'amélioration continue (Imbeau et coll., 2004), et les méthodes plus spécifiques à une partie du corps, intéressantes pour quantifier les risques de TMS d'une partie de corps plus à risques (Daynard et al., 2001). Toutefois, à partir de notre examen de la littérature sur ces sujets, un certain nombre de questions se posent et nous allons les explorer dans le présent chapitre, pour ensuite formuler nos objectifs de recherche.

2.1 Problématique

Dans un milieu où l'amélioration continue est mise en application, un poste de travail peut être modifié à quelques reprises ce qui amène différents changements au niveau de la productivité, de la qualité et possiblement au niveau de la santé des travailleurs. Actuellement, peu de documentation existe sur l'effet positif ou négatif de l'amélioration continue sur la santé des travailleurs. Genaidy et Karwowski (2003) montrent même que les résultats actuels s'avèrent mitigés et possiblement biaisés. Documenter l'exposition aux TMS de travailleurs à un poste de travail où des modifications sont effectuées s'avère donc intéressant. De plus, lors de modifications successives, après chacune des étapes de modifications, la documentation de l'exposition serait intéressante pour montrer l'évolution engendrée par les différentes modifications.

Pour documenter l'exposition aux TMS, différentes méthodes peuvent être utilisées. Ces méthodes permettent d'évaluer l'exposition à différents facteurs de risques, différents sites corporels et selon différents degrés de précision. Plusieurs de ces méthodes ont d'ailleurs été présentées dans la revue de littérature soit les méthodes intégrées et les méthodes spécifiques à une région du corps, par exemple le dos. Parmi les méthodes intégrées présentées, les méthodes OCRA et QEC ressortent de par leur variété de facteurs de risques et parties du corps évalués (Colombini, 1998, Occhipinti, 1998, Colombini et al., 1999, Li et Buckle, 1999, Ringelberg et Koukoulaki, 2002 et référence Internet, 5). Pour ce qui est des méthodes disponibles pour faire une analyse particulière des contraintes au niveau du dos, le logiciel 4D Watbak semble ressortir, entre autres, par sa possibilité de faire l'analyse des contraintes maximales et cumulées. Ces différentes méthodes peuvent donc permettre d'évaluer le niveau d'exposition aux facteurs de risques de TMS et de vérifier si des améliorations effectuées à un poste de travail lors d'un processus d'amélioration continue, visant plus particulièrement l'augmentation de la productivité et de l'efficacité, font également varier l'exposition aux facteurs de risques. Il peut aussi s'avérer intéressant de vérifier si les modifications effectuées au poste de travail ont permis de minimiser les risques de TMS présents initialement ou si les impacts positifs ont été plus mineurs ou inexistant.

L'utilisation de plusieurs méthodes, par exemple diverses méthodes intégrées et une méthode spécifique à une région du corps soulèvent d'autres questions, comme leurs apports respectifs en terme de complémentarité de l'information, la concordance entre les résultats, leur facilité et rapidité d'application dans un milieu de travail. Si les apports respectifs de chaque méthode sont facilement mis en évidence par l'analyse des variables retenues et les bases théoriques de la méthodologie d'évaluation proposée, les évaluations réalisées avec chacune des méthodes permettront de juger si oui ou non, il y a amélioration pour chacun des facteurs de risques retenus, dans le cadre d'une méthode en particulier. À l'aide de comparaisons entre les résultats obtenus avec les différentes méthodes, il serait alors possible de voir si les différentes

méthodes et moyens d'évaluation (observations, commentaires de travailleurs, mesures) permettent d'évaluer les risques de TMS et donnent des résultats comparables pour une même situation observée.

Le contexte d'application des différentes méthodes influencera possiblement le choix de la méthode qui sera la plus intéressante à utiliser. Ainsi, dans un contexte d'amélioration continue où les modifications se font rapidement et régulièrement, certaines méthodes pourraient possiblement être favorisées de par leur plus grande facilité et rapidité d'utilisation par rapport à d'autres. Cependant, dans un autre contexte comme celui de la recherche, les méthodes à privilégier pourraient peut-être différer, un degré de précision plus important étant alors nécessaire. Ainsi, il est intéressant de connaître quelles méthodes sont rapides et faciles d'utilisation sans toutefois mettre de côté la qualité des résultats, de telle sorte que ces méthodes puissent être utilisées autant dans un contexte d'amélioration continue que dans un contexte de recherche.

Finalement, la mise en place de modifications majeures à un poste de travail, s'accompagne souvent d'une formation uniforme pour les travailleurs concernés. Différents moyens existent pour concevoir une telle formation, certains privilégiant l'interaction avec les travailleurs. La documentation d'un tel processus semble donc intéressante pour examiner de quelle manière les connaissances de travailleurs et leurs interventions permettent de tenir compte des considérations concernant leur santé et la prévention des TMS.

2.2 Objectifs

L'objectif principal de cette recherche est de documenter l'exposition aux facteurs de risques de TMS avant, après de premières modifications et après l'implantation complète des modifications réalisées au poste de scieur dans le cadre d'un projet d'amélioration continue. Dans le cadre de cet objectif principal, plusieurs objectifs

spécifiques permettent de vérifier différents volets. Plus particulièrement, les objectifs spécifiques sont de :

1. Déterminer si des transformations à un poste de travail, réalisées dans le cadre d'un projet d'amélioration continue, contribuent à modifier l'exposition aux facteurs de risques de TMS et donc vérifier si des modifications faites d'un point de vue amélioration de la production, de la qualité, et non seulement d'un point de vue ergonomique influencent favorablement l'ergonomie du poste de travail et le niveau d'exposition aux risques de TMS.
2. Évaluer l'exposition aux TMS des membres supérieurs et les contraintes au niveau du dos après les différentes étapes d'implantation des modifications. Les différentes composantes pourront ainsi être comparées pour faire ressortir les impacts positifs et négatifs des modifications au poste de travail sur la santé et la sécurité des travailleurs.
3. Vérifier dans quelle mesure plusieurs méthodes d'évaluation des risques de TMS donnent des résultats comparables et/ou complémentaires.
4. Vérifier dans quelle mesure plusieurs méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risques sont rapidement et facilement applicables dans le contexte d'un processus d'amélioration continue et accessibles dans un contexte d'intervention terrain (facilité versus complexité, rapidité versus analyse détaillée, précision versus approximation).
5. Documenter le processus mis en place pour concevoir la formation des travailleurs au poste de travail modifié et plus particulièrement la prise en compte des problématiques soulevées par les travailleurs quant à leur sécurité et santé musculo-squelettique.

CHAPITRE 3 - MÉTHODOLOGIE

Une étude pratique et comparative est nécessaire pour atteindre les différents éléments soulevés dans la problématique et les différents objectifs énoncés au chapitre précédent. Pour ce faire, la méthodologie utilisée dans le cadre de ce projet sera énoncée. Ce chapitre contient donc les circonstances entourant le projet, c'est-à-dire une description de l'entreprise, du contexte du projet, du poste de travail et des caractéristiques des sujets. Ensuite, la méthodologie et les étapes retenues pour le mettre en œuvre est décrite. Pour ce faire, nous allons présenter les méthodes et les étapes retenues pour la documentation de l'exposition : OCRA, QEC et 4D Watbak pour l'analyse des contraintes au niveau du dos. Par la suite, nous allons présenter les types de données recueillies (exposition, applicabilité, etc.) et les analyses réalisées (inter-situations, inter-méthodes, complémentaires) pour répondre aux questions précédemment posées.

3.1 Description de l'entreprise

L'entreprise participante œuvre dans le domaine de l'alimentation, plus spécifiquement dans la transformation du poisson congelé. Les principales matières premières utilisées sont des blocs de poisson congelés reçus dans des boîtes de carton et emballés individuellement. Ces blocs de poisson sont transformés (sciés, coupés en morceaux, enfarinés et panés et/ou condimentés, frits, congelés, emballés) pour être prêts à la consommation et vendus dans les marchés d'alimentation canadiens et américains.

Cette entreprise, qui fait partie d'une multinationale américaine, compte 195 employés dans la région de Montréal. De ce nombre, 176 travaillent activement à la production et à la transformation des produits et sont syndiqués. L'entreprise réalise sa production principalement sur deux lignes de production semi-automatisées, chacune faisant des produits spécifiques. Une troisième ligne non automatisée existe, mais la production

n'a lieu sur cette ligne qu'occasionnellement. Cette ligne ne sert en effet qu'à faire de l'emballage manuel lors du nettoyage ou des modifications des ajustements occasionnés par les changements de production. La production de l'entreprise se fait sur trois quarts de travail.

3.2 Contexte du projet

L'entreprise participant à l'étude met l'emphasis sur l'amélioration continue depuis la fin de l'année 1999. Ceci a commencé avec l'implantation des principes de « lean thinking ». Par la suite, différents outils ont été utilisés comme le SMED (« Single Minute Exchange of Die »), le « Value Stream Mapping », le « Visual Management », le Kanban et tout récemment les 5S. Ces outils servent donc, entre autres, à diminuer les temps de mises en course et à faire la transformation du produit selon la demande de la clientèle. Il y deux ans, cette entreprise a participé à un projet d'amélioration continue intégrant ergonomie et productivité. Sensibilisée à l'importance de la prise en compte de l'ergonomie dans le cadre des projets de « lean manufacturing », elle a approché le groupe de recherche dont l'auteure fait parti pour réaliser un projet spécifique sur un poste de travail identifié comme problématique dans le cadre du processus d'amélioration continue en place. Un inspecteur de la CSST a d'ailleurs indiqué à l'entreprise que le poste de travail visé par le projet risque de causer des TMS et qu'il devrait être modifié. Le projet concerne donc le poste de préposé à la scie et à l'ouverture des blocs, communément nommé poste de scieur, au sein de cette entreprise, et ce, sur une seule des deux lignes de production, laquelle étant la plus problématique et ayant le type de production le plus stable, variant le moins. Une recommandation faite par l'inspecteur pour ce poste de travail était de diminuer le poids soulevé à la fois par les travailleurs, car le poids manipulé et soulevé par les travailleurs était trop élevé. Dans le but de travailler à l'amélioration du poste observé, l'entreprise participante a donc créé un comité composé de travailleurs (deux scieurs du quart de jour, un de soir et deux de nuit), des membres du comité de santé-sécurité de l'entreprise, d'un superviseur de production, du directeur d'usine ainsi que l'auteure de

ce mémoire. Comme des transformations successives au poste de scieur étaient prévues sur une période de plusieurs mois, les évaluations ont donc eu lieu tout au long de ce processus d'implantation découlant du plan d'action de l'entreprise en matière d'amélioration continue. L'entreprise a d'ailleurs profité du processus de modification de ce poste de travail pour mettre en place une formation pour ces travailleurs. Un court rapport faisant état des résultats sera présenté à l'entreprise à la fin du projet.

3.3 Description du poste de travail et des tâches effectuées

Le poste de travail visé comportait au début du projet, situation *Avant*, quatre tâches de travail distinctes, soit : ouvrir les boîtes (tâche A), déballer les blocs pour enlever le carton protecteur (tâche B), scier une tranche de poisson (tâche C) et scier le bloc au complet (tâche D), chacune de ces tâches étant située à un endroit spécifique du poste de travail. Les photos de la Figure 3.1 montrent le poste de travail sous différents points de vue et la Figure 3.2 montre la disposition des différents équipements des postes de travail ainsi que la position approximative des travailleurs et le sens du flot de poisson. Le poste de travail présentait donc deux longues tables pouvant contenir chacune 28 blocs de poisson, ainsi que deux scies pour effectuer la transformation de ceux-ci. Au niveau de la multi-scie, aucune tâche n'est effectuée, mais cet équipement fait tout de même partie du poste de travail des scieurs. De plus, l'emplacement de la multi-scie reste inchangé tout au long des modifications. La Figure 3.3 montre, pour sa part, une description générale des tâches effectuées ainsi que leur ordre de complétion dans le début du processus de production. Quatre travailleurs se partagent en alternance les tâches en réalisant des rotations à intervalles réguliers (environ aux deux heures). De plus, dû à la présence des pauses, il arrive que les travailleurs se retrouvent trois au poste de travail. Pendant ce temps, les trois premières tâches sont effectuées par deux travailleurs et ce, même si à l'occasion une équipe flottante vient remplacer une des personnes en pause.

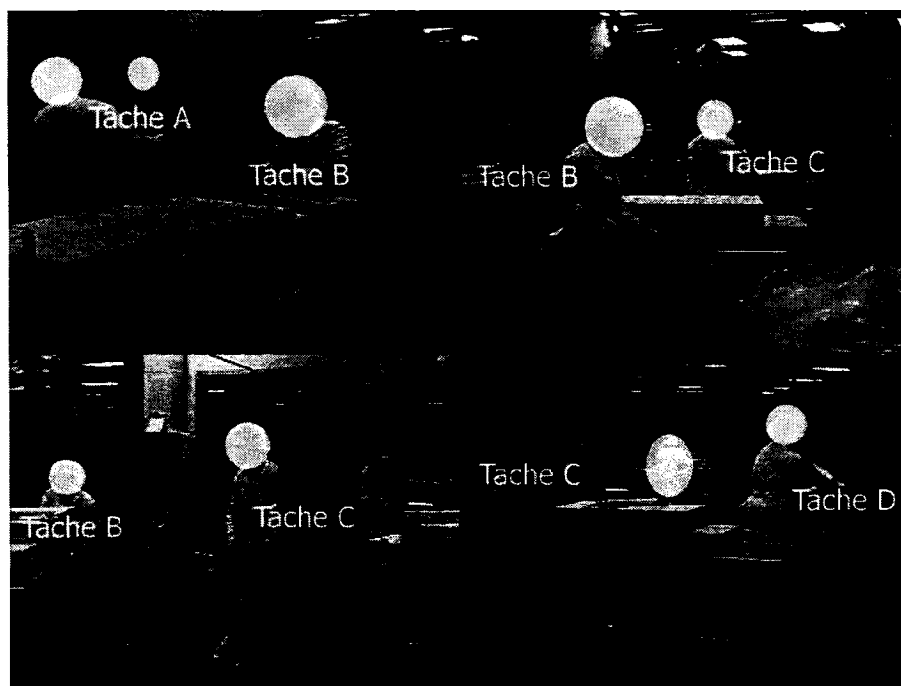


Figure 3.1 : Photos montrant le poste de travail dans la situation initiale (*Avant*)

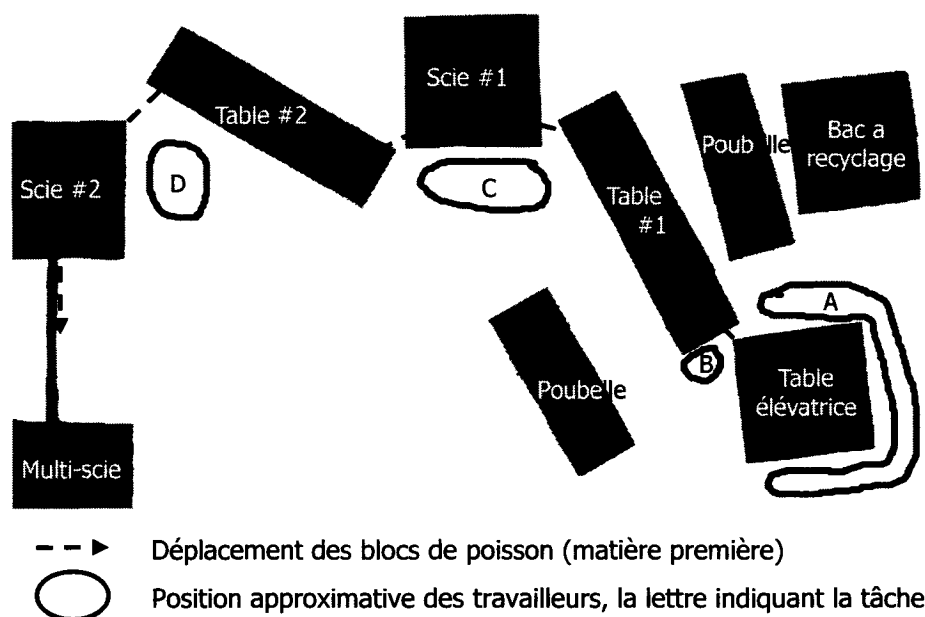


Figure 3.2 : Situation *Avant* – Équipements, position des travailleurs et sens du flot de poisson

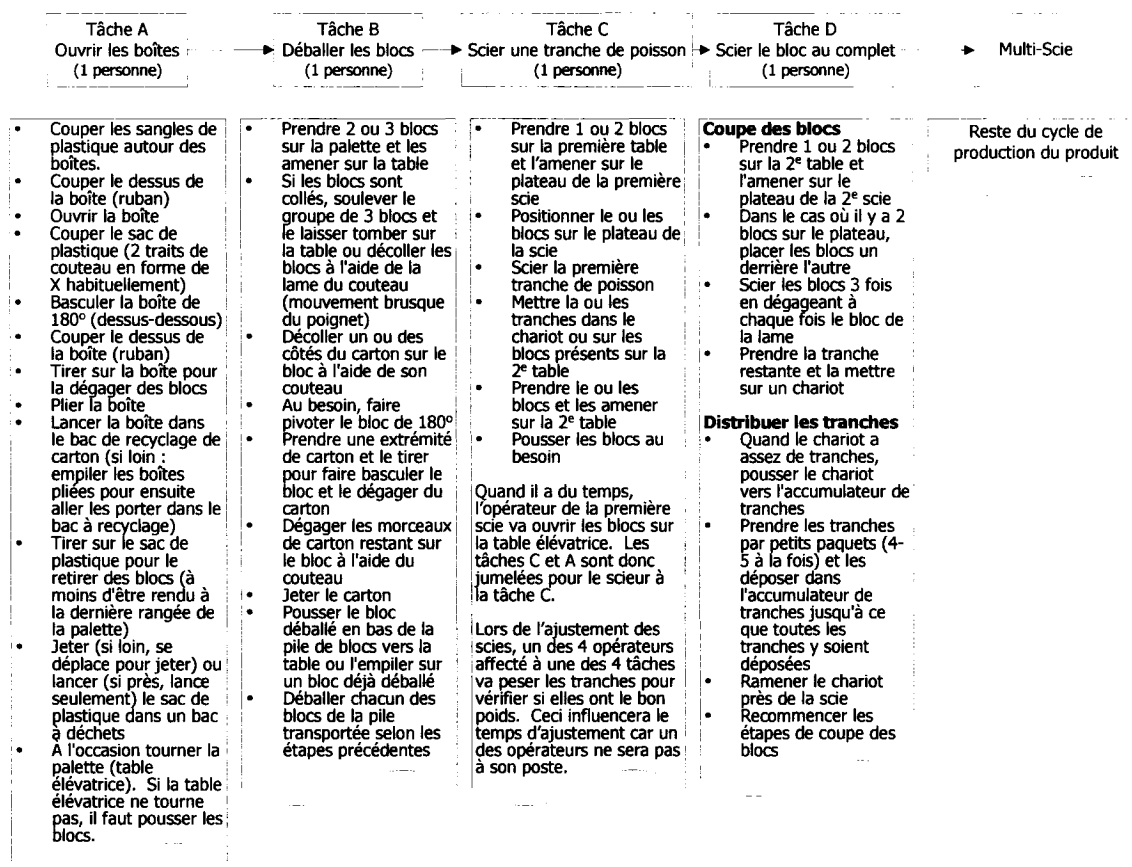


Figure 3.3 : Situation *Avant* – Diagramme décrivant les différentes tâches de travail

À la deuxième situation observée, la situation *Après 1*, les quatre tâches de travail présentées précédemment ont été observées. La nouvelle configuration du poste de travail, suite aux modifications, est donc présentée à la Figure 3.4. Les tables ont donc été raccourcies ainsi que la hauteur des tiges d'arrêt situées à une extrémité de la table pour éviter une trop grande accumulation de poisson, un maximum de six blocs par table à raison de deux blocs de haut, qui pourrait résulter en une perte en qualité. L'accumulation de produit en cours de processus a donc diminué. Pour sa part, la Figure 3.5 montre une description générale des tâches effectuées ainsi que leur ordre de complétion au début du processus de production. Cette figure permet donc de remarquer que certaines parties des tâches ont été modifiées. Entre autres, les

travailleurs, à la situation *Après 1*, ne soulevaient plus qu'un bloc à fois au lieu de plusieurs et ce, pour les tâches B, C et D. Cette mesure a d'ailleurs été prise suite aux recommandations de l'inspecteur de la CSST. Cependant, comme le niveau de production et le personnel travaillant au poste de travail n'ont pas été modifiés, cette mesure a amené une augmentation de la fréquence des mouvements pour ces tâches. Comme dans la situation précédente, les travailleurs varient leurs tâches en ayant des rotations à intervalles réguliers (environ aux deux heures) et ils se retrouvent, à l'occasion lors des pauses, trois au poste de travail.

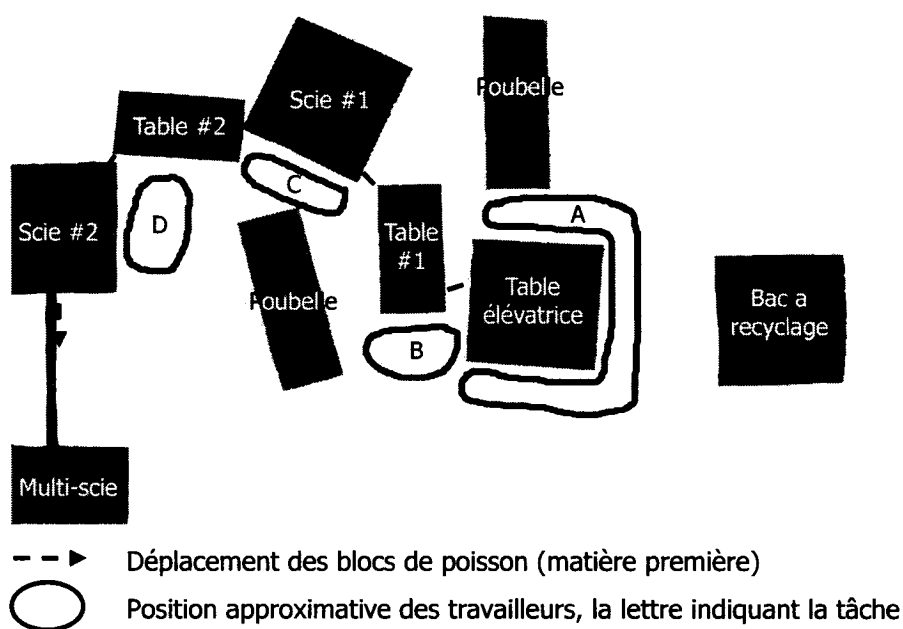


Figure 3.4 : Situation *Après 1* – Équipements, position des travailleurs et sens du flot de poisson

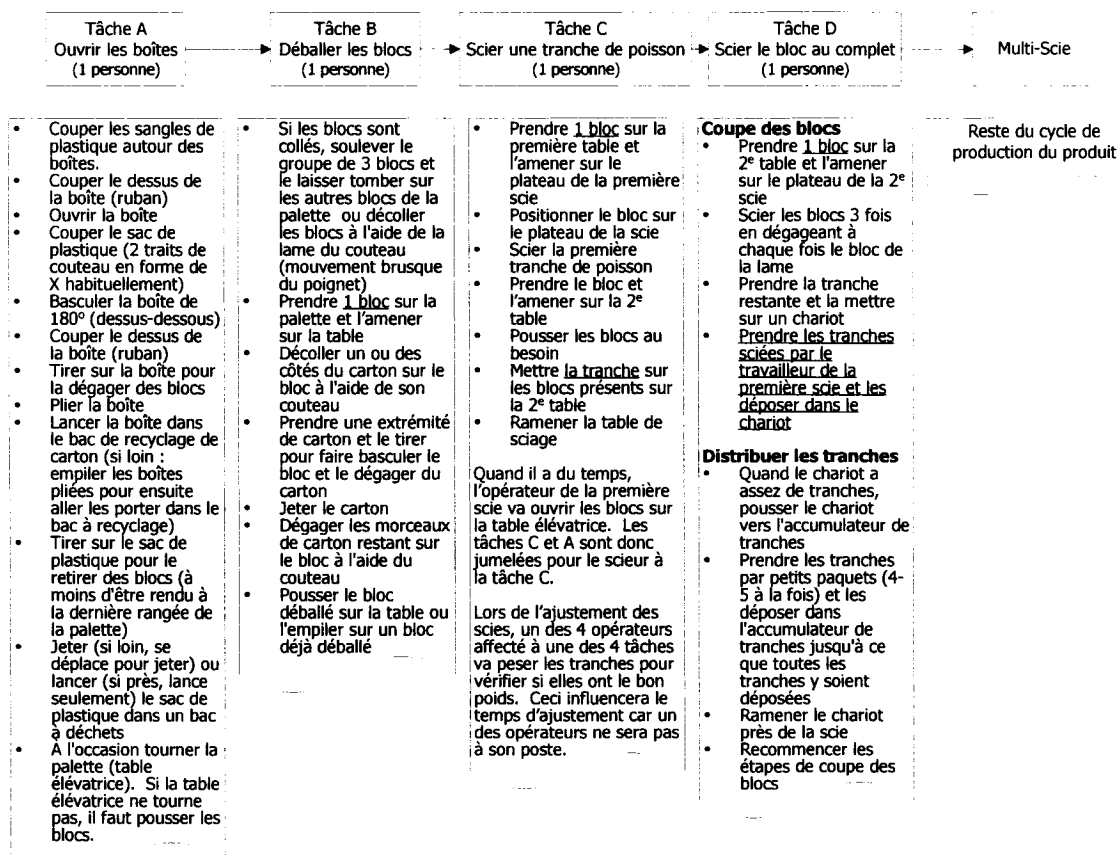


Figure 3.5 : Situation *Après 1* – Diagramme décrivant les différentes tâches de travail

Finalement, à la dernière situation observée, la situation *Après 2*, trois des quatre tâches de travail présentées précédemment ont été observées, la tâche C ayant été éliminée. La nouvelle configuration du poste de travail, suite à ces modifications, est donc présentée à la Figure 3.6. Comme la coupe d'une tranche de poisson a été éliminée, la scie nécessaire à cette opération ainsi que la table nécessaire à l'accumulation de blocs de poisson ont été enlevées. Cette modification est due à un changement dans la coupe des blocs de poisson. Cette modification a donc des effets sur la sécurité des travailleurs, car un des équipements pouvant occasionner des blessures comme des coupures a été enlevé. De plus en enlevant une table, l'accumulation de produit en cours de processus a aussi diminué. D'autre part, le travailleur à la tâche D n'a plus besoin d'utiliser de plateforme pour effectuer sa tâche,

la scie ayant été mise au niveau du sol. De son côté, la Figure 3.7 montre une description générale des tâches effectuées ainsi que leur ordre de complétion au début du processus de production. Cette figure permet donc de remarquer qu'une tâche a été enlevée et que les autres ont été modifiées. Ainsi, comme la matière première ne parvient plus en boîte de trois blocs mais plutôt en palette de blocs, la première tâche (A) ne consiste plus qu'à décoller les côtés de carton des blocs de poisson pour faciliter le travail de la personne à la tâche B. Ainsi à la tâche B, les côtés des blocs n'ont plus besoin d'être décollés. Le changement de coupe demande maintenant que pour la tâche D, le travailleur retourne le bloc de poisson. Comme dans les situations précédentes, les travailleurs se partagent en alternance les tâches en réalisant des rotations à intervalles réguliers (environ aux deux heures).

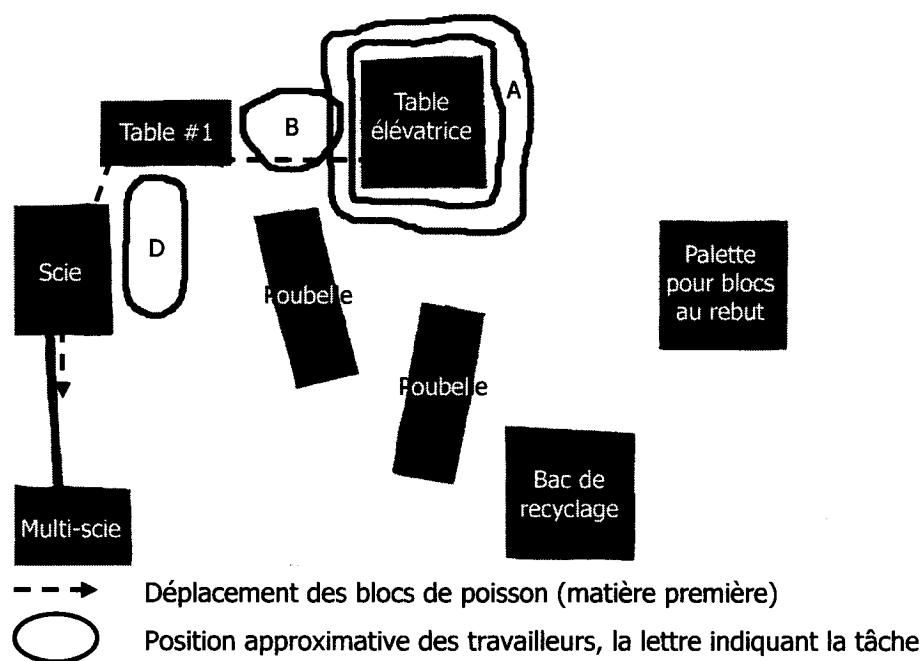


Figure 3.6 Situation *Après 2* – Équipements, position des travailleurs et sens du flot de poisson

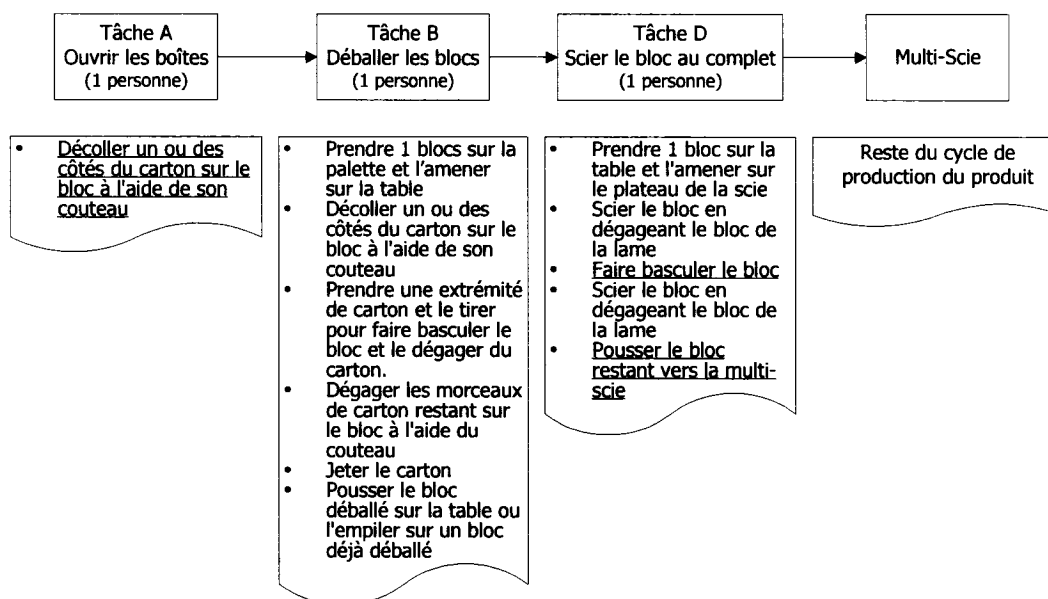


Figure 3.7 : Situation *Après 2* – Diagramme décrivant les différentes tâches de travail

3.4 Caractéristiques des travailleurs

Le nombre total de scieurs travaillant au poste de travail visé par la présente recherche, et donc touché par les modifications, est de 24. De ce nombre, huit travailleurs ont été observés dans le cadre de leur travail et interrogés. Trois de ces travailleurs faisaient partie du comité des scieurs. En plus de ces travailleurs, deux autres scieurs du comité des scieurs ont été interrogés. Ces deux derniers sont d'ailleurs ceux qui ont participé à la mise en place de la formation. Pour faciliter le repérage des données concernant les travailleurs observés et/ou interrogés, un numéro d'identification unique a été attribué à chacun d'entre eux. De plus, ce numéro permettait de garder la confidentialité des données des travailleurs.

Les caractéristiques générales des huit travailleurs ayant été observés au cours de l'étude sont présentées au Tableau 3.1. Comme nous pouvons remarquer, ces travailleurs ont des caractéristiques physiques différentes soit une variété dans les tailles et les poids. La taille des travailleurs varie entre 1,57 mètres et 1,83 mètres et leur poids entre 54,4 kg et 145,1 kg. De plus, le groupe de travailleurs observés

comporte deux femmes et six hommes. Le nombre d'années d'expérience des travailleurs observés varie, mais est au minimum de 4 ans dans l'entreprise et de 3 ans au poste de travail. L'expérience moyenne des travailleurs est cependant supérieure passant à 13,2 ans au sein de l'entreprise et de 5,6 ans au poste de travail. Pour ce qui est de l'expérience de travail des deux travailleurs qui ont participé à l'élaboration de la formation, elle est de 3 et 6 ans au poste de travail et de 4 et 10 ans au sein de l'entreprise.

Tableau 3.1 : Description des principales caractéristiques des travailleurs observés

	# d'identification du travailleur	Âge	Sexe	Taille en mètre	Poids en kg	Nombre d'années d'expérience dans l'entreprise	Nombre d'années d'expérience au poste
	2	31	M	1,83	79,4	7,5	5
	3	42	M	1,70	63,5	9	9
	4	40	F	1,63	54,4	22	4
	11	38	M	1,79	68,0	10	8
	12	49	M	1,70	77,1	30	6
	13	39	M	1,65	74,0	15	5
	14	27	M	1,75	68,0	8	5
	15	29	F	1,57	145,1	4	3
moyenne		36,9		1,70	78,7	13,2	5,6

Les travailleurs observés ainsi que les travailleurs du comité ont participé aux différentes étapes de la prise de données (Tableau 3.2). Ainsi, comme l'entreprise participante avait certaines limitations face à la libération des employés et face aux possibilités de modifications d'horaires pour obtenir les mêmes travailleurs travaillant en même temps, il n'a pas toujours été possible d'effectuer les changements nécessaires pour garder les mêmes travailleurs pour toutes les observations. Par conséquent, comme la première prise de données a eu lieu en été, une période où les travailleurs changent de quart de travail en fonction des vacances des autres travailleurs, certains des travailleurs observés provenaient de d'autres quarts de travail que celui observé. Il en est d'ailleurs de même pour un des travailleurs observés à la situation *Après 1*, un

travailleur de nuit ayant été observé sur le quart de jour. Ces travailleurs n'ont donc pas pu être observés aux moments des prises de données subséquentes. Ainsi, des huit travailleurs observés, un seul travailleur a participé aux trois situations et deux autres ont participé aux deux dernières, *Après 1* et *Après 2*. Une emphase particulière a toutefois été mise lors de la dernière prise de données, pour que tous les travailleurs observés l'aient déjà été lors de la situation précédente. En plus d'avoir été observés, deux des travailleurs présents dans les deux dernières situations sont aussi sur le comité d'amélioration continue de poste de travail. Il en est aussi de même pour les travailleurs qui ont participé à l'élaboration du manuel de formation. Ainsi quatre travailleurs ont été observés à la situation *Avant*, cinq à la situation *Après 1* et trois à la situation *Après 2*. Ceci représente donc entre 12,5 % et 20,8 % de la population de travailleurs touchés par les modifications.

Tableau 3.2 : Liste des travailleurs ayant participé à chacune des étapes de l'étude

Étapes de prise de données	Nombres de travailleurs impliqués	Travailleurs observés
Comité d'amélioration continue du poste de travail	5	1, 2, 3, 4 et 5
Avant	4	11, 13, 14 et 15
Après 1	5	2, 3, 4, 11 et 12
Manuel de formation	2	1 et 5
Après 2	3	3, 4 et 11

3.5 Méthodes d'évaluation de l'exposition aux TMS

Afin de documenter les impacts des modifications au poste de travail et les risques de TMS aux membres supérieurs, trois méthodes ont été utilisées : la méthode OCRA, la méthode QEC et le logiciel 4D Watbak pour l'analyse des contraintes au niveau du dos. Chaque méthode nécessite l'application d'étapes de travail bien particulières et des données spécifiques s'y rattachent. De manière à bien comprendre comment chaque méthode a été utilisée et quelles ont été les données recueillies, ces méthodes sont explicitées.

3.5.1 OCRA

Cette méthode se subdivise en trois grandes étapes (Ringelberg et Koukoulaki, 2002) : l'analyse de l'organisation du travail, l'identification et la description des facteurs de risques et finalement l'évaluation de l'indice OCRA.

3.5.1.1 Analyse de l'organisation du travail

Cette étape décrit l'allure générale d'une journée typique d'un travailleur au poste de travail visé. Elle sert à identifier les tâches de travail qui seront analysées en détail dans les étapes suivantes. L'analyse de l'organisation du travail consiste spécifiquement à : identifier la distribution du travail et des temps de pause durant le quart de travail, identifier les tâches répétitives réalisées au moins une heure par jour, mesurer la durée totale des tâches répétitives et la durée de chacun des cycles et identifier la séquence des actions techniques pour chacun des cycles.

Pour identifier la distribution du travail et des pauses, des fiches étaient distribuées et remplies par les travailleurs. Les travailleurs devaient donc y inscrire à quel moment ils effectuaient chacune des tâches, ils allaient en pause, ou il y avait un arrêt sur la ligne de production. Pour les deux premières situations observées, *Avant* et *Après 1*, cinq fiches ont été remplies par les scieurs du comité des scieurs, des travailleurs de tous les quarts de travail (voir Figure 3.8). De ces fiches, deux ont été retirées, soit celles des travailleurs de nuit, car ces fiches n'indiquaient pas du tout le même profil de temps passé à chaque tâche et en pause que celles des autres travailleurs. Les trois fiches restantes ont donc servi pour les deux premières situations, étant donné que les enregistrements (vidéos) avaient été faits précédemment et que des modifications physiques au poste de travail avaient déjà été effectuées au moment du début des prises de données. Certains travailleurs qui ont rempli les fiches n'étaient, par contre, pas les mêmes qui ont été filmés pour faire les analyses de posture, mais comme tous les travailleurs font des rotations des tâches à intervalles réguliers, à toutes les une ou deux heures, le temps total passé à chacune des tâches reste constant. Pour la dernière situation, *Après 2*, les trois travailleurs qui ont rempli les fiches sont ceux qui

ont été filmés et ces fiches ont d'ailleurs été remplies pendant la même journée que les observations. Cependant, un des travailleurs observés n'a occupé le poste de travail visé par l'étude que la moitié de la journée, pour ensuite travailler sur l'autre ligne de production, mais à un poste de travail similaire, dû à des contraintes de l'entreprise. Les tâches effectuées sur l'autre ligne de production ont donc été transférées aux tâches équivalentes sur la ligne de production évaluée.

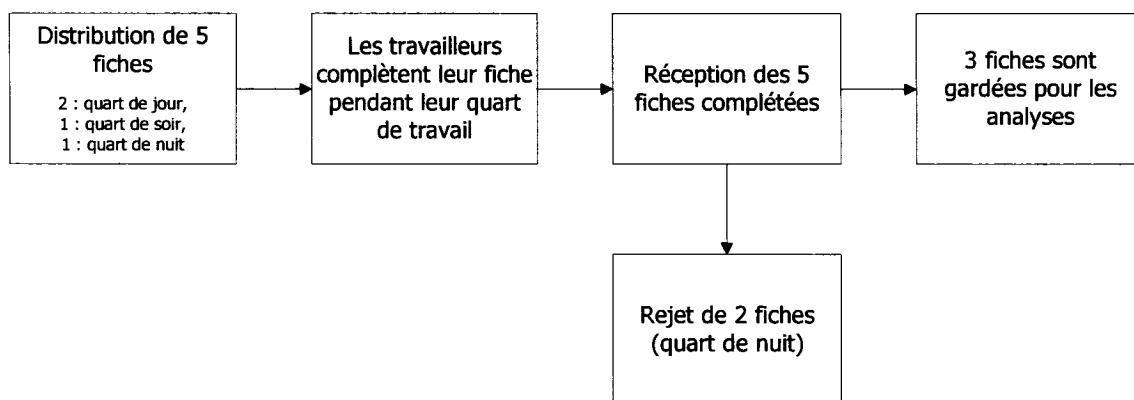


Figure 3.8 : Graphique montrant la collecte des données de l'identification de la distribution du travail et des pauses pour les situations *Avant* et *Après 1*

Afin d'identifier les tâches répétitives, il a fallu tout d'abord observer le poste de travail pour identifier les tâches qui présentaient des cycles et duraient au moins une heure au cours d'un même quart de travail. Dans le cas présent, les différentes tâches étaient facilement discernables étant donné qu'elles sont effectuées à des endroits physiques bien distincts.

Pour déterminer la durée des tâches, les fiches recueillies lors d'une étape précédente ont été utilisées. Les durées de réalisation de chacune des tâches ont été compilées et leurs moyennes calculées. Pour ce faire, il a fallu calculer le temps d'un cycle complet et ce, pour chaque tâche. Afin de s'assurer que le temps moyen se rapproche le plus de la réalité, tous les cycles filmés ont été utilisés pour le calcul de la durée moyenne.

Lors de l'identification de la séquence des actions techniques pour chacun des cycles, il a fallu établir à l'aide des vidéos et/ou par observation directe, quels étaient les mouvements effectués par les travailleurs dans un cycle de travail et ce pour les différentes tâches répétitives. Pour les deux premières situations, des listes d'actions ont été complétées et validées avec les travailleurs.

Les formulaires présentés à la Figure 1.3 et la Figure 3.9 ont été complétés afin de synthétiser toutes les informations recueillies touchant l'organisation du travail. De cette façon, les différentes informations recueillies étaient plus facilement accessibles lors des étapes suivantes.

3.5.1.2 Identification et description des facteurs de risques

La section d'identification et de description des facteurs de risques consiste à décrire et quantifier les facteurs de risques. Les facteurs de risques pris en compte sont : la répétitivité et la fréquence, la force, la posture et les mouvements, les autres facteurs de risques présents dans l'environnement de travail et la distribution des temps de récupération et leur durée.

En vue de déterminer la répétitivité et la fréquence, des graphiques de déroulement ont été réalisés pour chacune des tâches, et ce, pour les deux côtés du corps. Ces graphiques de déroulement devaient tenir compte de toutes les actions techniques, même celles qui n'avaient pas lieu à tous les cycles en indiquant à quelle fréquence elles étaient présentes. De manière à garder une uniformité tout au long des analyses, la définition d'action technique utilisée par Colombini et al. (2002) a été utilisée. Une action technique est donc un intermédiaire entre une action élémentaire de la MTM (« Methods-Time Measurement ») et une séquence d'opérations élémentaires de la méthode UAS (« Universal Analysis System »). La réalisation des graphiques de déroulement a permis de déterminer le nombre d'actions techniques par cycle et le nombre de mouvements par tâche et par jour. Une fois toutes ces informations recueillies, elles ont été transcrites dans le formulaire OCRA a (Figure 1.3).

Organisation du travail

Nom de compagnie : X

poste de travail : Préposé à la scie et à l'ouverture des blocs

Description des tâches caractéristiques d'un quart de travail

	Nom de la tâche	Prévu	Temps planifié	Temps réel passé	Temps de la tâche
A	Ouvrir les boîtes	oui	18,61	378,84	117,5
B	Déballer les blocs	oui	15,38	279,67	71,7
C	Scier la première tranche	oui	13,83	262,41	60,5
D	Scier les blocs (dernières coupes)	oui	18,26	280,44	85,3

	Nom de la tâche	Prévu	Temps planifié	Temps réel passé	Temps de la tâche
X	autre : bris, attente, etc.	non			41,7
Y					
Z					

	Quart	Prévu	Temps planifié	Temps réel passé	Temps de la tâche
	jour	pause	19,2	am	oui
	jour	repas	38,3	midi	oui
	jour	pause	19,2	pm	oui

Pauses non-officielles mais identifiables et récurrentes

	Pause	Durée	Moment dans la turnée	autre
P1	Toilettes	10,8	am	
P2	Toilettes	10,8	pm	
P3				
P4				

Séquence des tâches et pauses durant le quart de travail (nb hrs sans récupération adéquate)

opérateur # 5 (R1,5)

A	B	P1	B	C	D	R	D	P1	A	A	P	B	D	P1	D	P	D
---	---	----	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	----	---	---	---

55

opérateur # 4 (R1)

B	X	P	C et A	P1	C et A	R	R	D	D	P	D	D	P	A	A
---	---	---	--------	----	--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

50

opérateur # 3 (R1)

A	X	P	B	P1	A et B	A et B	R	R	C et A	P1	C et A	P	P	D
---	---	---	---	----	--------	--------	---	---	--------	----	--------	---	---	---

opérateur # 2 (R3)

D	D	P	P1	A et B	A et B	P1	R	A et B	A et B	P	P	D	A et B
---	---	---	----	--------	--------	----	---	--------	--------	---	---	---	--------

opérateur # 1 (R1)

A	X	A et C	P	P	X	A	P1	A	A	D	X	R	R	A	X	P	P	D	P1	A	X
---	---	--------	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---

50

Figure 3.9 : Exemple de formulaire décrivant l'organisation du travail

Afin de déterminer la force nécessaire pour réaliser chacune des tâches, la liste des actions techniques des graphiques de déroulement a été utilisée. De cette façon, tous les mouvements ont été évalués, même les mouvements semblant nécessiter un effort minimal. Chacune des actions a été évaluée par les opérateurs à l'aide de l'échelle de Borg CR10 (Borg, 1998). Pour chacun des mouvements nécessitant un effort supérieur ou égal à 3 sur l'échelle de Borg, les raisons d'utilisation de la force ont été demandées. Les informations recueillies ont ensuite été reportées dans des tableaux similaires à celui présenté à la Figure 3.10. Une fois les pointages sur l'échelle de Borg recueillis, les fiches de tous les travailleurs ont été comparées et les tâches nécessitant un effort inférieur à 1 sur l'échelle de Borg, pour tous les travailleurs, ont été éliminées de la liste. Afin de déterminer le temps nécessaire pour effectuer chacune des actions, plusieurs cycles de travail ont été observés pour l'ensemble des travailleurs et une moyenne de temps par action et les moyennes des efforts pondérées par tâche ont été calculées.

ligne : 2
Opérateur : 2
Quart : Jour

Quelles actions demandent l'usage de la force dans les bras ou mains dans un cycle de travail représentatif ?
Quels en sont les raisons ?

Tâche A : Ouvrir les boîtes

Prendre une des sangles coupées pour l'arracher	2	0,73	3,92	0,08	
Ouvrir un côté du dessus de la boîte	2	1,26	6,77	0,14	
Ramener la boîte vers soi	3	0,59	3,18	0,10	pesant, mais glisse bien car glacé
Basculer la boîte 2 fois de 90° (dessus-côté)	4	1,68	9,02	0,36	poids (50 lbs)
Tirer sur la boîte pour la dégager des blocs	3	0,94	5,06	0,15	des fois couvercle en-dessous
Plier la boîte	0,5	0,68	3,67	0,02	
Si près : Lancer la boîte dans la boîte de recyclage de carton	1	0,69	3,70	0,04	
Tirer sur le sac de plastique pour le retirer des blocs (à moins d'être rendu à la dernière rangée de la palette)	2	0,86	4,63	0,09	
Jetter le sac de plastique	0,5	2,05	11,03	0,06	main selon la position du bac
Temps utilisé		9,49	51,00		
Temps restant	0,5	9,12	49,00	0,24	
Effort relatif selon le temps				1,27	

Figure 3.10 : Exemple de formulaire d'évaluation de la force appliquée avec l'échelle de Borg CR10 - Côté gauche ou droit

Pour évaluer la posture adoptée par les travailleurs lors de l'exécution de différentes tâches, le formulaire d'évaluation présenté à la Figure 3.11 a été utilisé. Ce formulaire permet donc d'évaluer la posture au niveau de la main, du poignet, du coude et de l'épaule. L'évaluation de la posture s'est réalisée de deux façons, une première où le temps passé dans chacune des positions a été approximé en regardant les vidéos et une deuxième en utilisant le logiciel UMT (« Universal Measurement Tool ») développé par la compagnie Laubress. Ce logiciel permet à l'aide d'un PDA (« Personal Digital Assistant ») de déterminer les temps des différentes postures du travailleur en appuyant sur des icônes lors des changements de posture, le logiciel donnant une liste des temps passés à chacune des postures. Des changements de postures rapides peuvent donc être pris en compte. Les résultats obtenus avec les deux méthodes ont été comparés pour vérifier si les résultats obtenus étaient identiques. Comme les résultats étaient différents, nous avons estimé que les résultats obtenus avec le logiciel étaient plus précis et nous les avons gardés pour la suite de compilations.

La présence de risques additionnels, physiques ou mécaniques, a ensuite été considérée. Le seul facteur additionnel considéré et dont nous avons tenu compte dans le calcul final a été la présence de froid.

Finalement, il a fallu évaluer la distribution des temps de récupération et leur durée. Comme les mouvements étaient toujours rapides et continus et qu'il n'y avait pas vraiment d'effort statique, le ratio temps de travail versus temps de récupération pour chaque heure de travail a été calculé à l'aide du diagramme de la séquence des tâches et pauses durant le quart de travail présenté au bas de la Figure 3.9. Un facteur de récupération pour la journée a été déduit en additionnant tous les facteurs de risques de toutes les heures de la journée de travail observée. La moyenne pour tous les travailleurs observés a été calculée et inscrite à l'endroit prévu à cet effet dans la Figure 1.3.

Data Sheet 4 2.3 Analysis of upper limb postures as a function of time																							
Task:		<input type="checkbox"/> Right <input type="checkbox"/> Left																					
HUMERO-SCAPULAR POSITION AND MOVEMENTS	<p>[A1] Movements in risk areas: Occupy: <input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3 of cycle time</p> <p>[A2] Lack of variation (stereotypy): carries out working gestures of same type, involving the shoulder, for at least 50% of cycle time: <input type="checkbox"/> 4</p> <p>[A3] Keeps arms uplifted (not supported) in risk areas: <input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3 of cycle time</p> <p>[A4] Keeps arms uplifted (not supported) by over 20°, or in extension for at least 50% of cycle time: <input type="checkbox"/> 4</p>	RISK SCORE IN CYCLE <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> SHOULDER																					
MOVEMENTS OF THE ELBOW	<p>[B1] Movements in risk areas : They occupy : <input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3 supination <input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3 pronation <input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3 flexion } of cycle time</p> <p>[B2] Lack of variations : carries out the same type of gestures and movements involving the elbow for at least 50% of cycle time: <input type="checkbox"/> 4</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ELBOW																					
POSITIONS AND MOVEMENTS OF THE WRIST	<p>[C1] Movements in risk areas (or maintenance) Takes up: <input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3 R/U deviation <input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3 extension <input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3 flexion } of cycle time</p> <p>[C2] Lack of variation : carries out working gestures of same type, involving the wrists for at least 50% of cycle time: <input type="checkbox"/> 4</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> WRIST																					
TYPE OF GRIP AND FINGER MOVEMENTS	<p>[D1] Grip time and finger position</p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Grip (3-4 cm)</td> <td><input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3</td> <td rowspan="7">} of cycle time</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Tight grip (1,5 cm)</td> <td><input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Pinch</td> <td><input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Palmar grip</td> <td><input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Hook grip</td> <td><input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Digitation</td> <td><input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3</td> <td></td> </tr> </table> <p>Lack of variation :</p> <p>[D2] carries out working gestures of same type, involving the same finger for at least 50% of cycle time: <input type="checkbox"/> 4</p> <p>[D3] keep an object continually for at least 50% of cycle time: <input type="checkbox"/> 4</p>	<input type="checkbox"/> Grip (3-4 cm)	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3	} of cycle time	<input type="checkbox"/> Tight grip (1,5 cm)	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3	<input type="checkbox"/> Pinch	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3	<input type="checkbox"/> Palmar grip	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3	<input type="checkbox"/> Hook grip	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3	<input type="checkbox"/> Digitation	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> GRIP/HAND
<input type="checkbox"/> Grip (3-4 cm)	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3	} of cycle time																					
<input type="checkbox"/> Tight grip (1,5 cm)	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3																						
<input type="checkbox"/> Pinch	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3																						
<input type="checkbox"/> Palmar grip	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3																						
<input type="checkbox"/> Hook grip	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3																						
<input type="checkbox"/> Digitation	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3																						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3																						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3																						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1/3, <input type="checkbox"/> 2/3, <input type="checkbox"/> 3/3																						

Figure 3.11 : Formulaire d'évaluation de posture des membres supérieurs (tiré de Ringelberg et Koukoulaki, 2002)

3.5.1.3 Évaluation de l'indice OCRA

À l'aide des données recueillies, il a été possible de calculer l'indice d'exposition OCRA. La variable Ae du formulaire OCRA b (Figure 1.4), qui correspond au total des actions observées par quart du formulaire OCRA a (Figure 1.3), a été calculée pour les deux côtés du corps. Ensuite, toutes les données recueillies précédemment touchant les facteurs de risques ont été inscrites dans le formulaire OCRA b (Figure 1.4) en tenant compte des facteurs de conversion correspondants. Les données de force compilées dans la feuille de calculs finaux, ainsi que celles pour la posture, étaient une moyenne des données recueillies pour tous les travailleurs observés à la situation. L'indice OCRA final trouvé est donc un indice général pouvant caractériser le poste de travail et non seulement un travailleur en particulier. Une analyse par travailleur a cependant été effectuée et est disponible à l'ANNEXE I. Une fois toutes les données inscrites dans le formulaire, il a été possible de calculer la valeur de l'indice d'exposition pour ensuite estimer le niveau de risques de TMS du poste de travail. Dans le cas où l'épaule était fortement sollicitée, un indice particulier a été calculé, indice spécifique à l'épaule, en diminuant de moitié le nombre de mouvements initiaux, constance des fréquences des actions, de la Figure 1.4 pour en arriver à quinze actions par minutes (Colombini et al., 2002). Finalement, le niveau de risques final du poste de travail a été déterminé à l'aide des intervalles du Tableau 3.3. Le niveau de risques du poste de travail était donc classifié dans un des quatre niveaux.

Tableau 3.3 : Niveau de risques de l'indice OCRA (traduit et adapté de Colombini et al. 2002)

	Niveau d'exposition		
	Acceptable	acceptable sous conditions – risques très bas	acceptable sous conditions – risques bas et surveillance
IE	< 1	entre 1 et 2	entre 2 et 4

3.5.2 QEC

Avant d'appliquer la méthode QEC, il faut déterminer quelle tâche de travail est la plus problématique pour faire l'analyse de cette tâche. Comme dans le cas présent, toutes

les tâches semblaient aussi problématiques les unes que les autres, la méthode QEC a été appliquée pour chacune des tâches individuelles. La tâche la plus problématique pouvait ensuite être déduite en fonction des pointages finaux de chacune des tâches. L'application de la méthode QEC s'est fait en quatre grandes étapes : les observations, la rencontre des travailleurs, le calcul des indices par section du corps et le calcul d'un indice unique pour la tâche.

3.5.2.1 Observations

La première étape consistait à observer le travailleur pendant son travail. Lors de cette étape, nous avons regardé la posture du travailleur au niveau du dos, de la région épaule/bras, de la région poignet/main et du cou. À partir de nos observations, nous avons coché les cases correspondantes sur le formulaire QEC (Figure 1.5), dans la colonne de gauche. Les mêmes vidéos qui ont été visionnés pour déterminer les postures avec la méthode OCRA ont été utilisés pour la méthode QEC.

3.5.2.2 Rencontre du travailleur

En vue de compléter la prise de données, nous avons rencontré les travailleurs individuellement pour leur poser les questions relatives à leurs perceptions concernant entre autres les poids soulevés, le temps passé à la tâche de travail et la demande visuelle (colonne de droite de la Figure 1.5).

3.5.2.3 Calcul des indices par section du corps

Lorsque toutes les données ont été recueillies, nous les avons compilées à l'aide de la feuille de pointage (Figure 1.6) et avons validé nos compilations à l'aide du logiciel exécutable disponible sur le site Internet de l'European Institute of Health & Medical Sciences, University of Surrey – Robens Centre for Health Ergonomics (référence Internet, 6). Nous avons ainsi obtenu un pointage par section du corps, soit quatre pointages, et quatre autres pointages pour caractériser les autres facteurs de risques. Comme dans l'application de la méthode OCRA, la moyenne des résultats par section du corps a été effectuée pour obtenir une évaluation générale des risques liés au poste de travail, les résultats par individu étant disponibles à l'ANNEXE II. Il a été possible de

déduire le niveau d'exposition par partie de corps à l'aide du Tableau 3.4 et le niveau d'exposition des autres facteurs de risques à l'aide du Tableau 3.5 et des pointages moyens calculés.

Tableau 3.4 : Niveau d'exposition (traduit et adapté de référence Internet, 5)

Score	Niveau d'exposition		
	Bas	Modéré	Élevé
Dos	10-20	21-30	31-40
Épaule/Bras	10-20	21-30	31-40
Poignet/Main	10-20	21-30	31-40
Cou	entre 4-7	entre 7-11	entre 11-15

Tableau 3.5 : Niveau d'exposition des autres facteurs de risques (traduit et adapté de référence Internet, 5)

Score	Niveau d'exposition		
	Bas	Modéré	Élevé
Conduite	entre 1 et 2,5	entre 2,5 et 6,5	entre 6,5 et 9
Vibration	entre 1 et 2,5	entre 2,5 et 6,5	entre 6,5 et 9
Rythme de travail	entre 1 et 2,5	entre 2,5 et 6,5	entre 6,5 et 9
Stress	entre 1 et 2,5	entre 2,5 et 6,5	entre 6,5 et 12,5

3.5.2.4 Calcul d'un indice unique

Pour être en mesure de comparer les résultats obtenus à l'aide de la méthode QEC aux résultats OCRA, il a fallu convertir les pointages par partie du corps en un indice unique (E(%)). Pour ce faire, Brown et Li (2003) ont publié l'équation suivante :

$$E(\%) = \frac{X}{X_{\max}} 100\%$$

où X est la somme des pointages obtenus pour le dos, la région épaule/bras, la région poignet/main et le cou et où X_{\max} est une constante. La valeur de X_{\max} est fonction du type de tâche observée, si la tâche est de la manipulation manuelle, la valeur de X_{\max} sera 176 et pour les autres tâches la valeur de X_{\max} sera de 162. Comme les tâches

effectuées par les travailleurs du poste de scieur sont des tâches nécessitant de la manutention manuelle, la valeur de X_{\max} correspondante a été prise, 176. Les indices uniques ont finalement été comparés à l'échelle d'action présentée au Tableau 3.6.

Tableau 3.6 : Résumé des niveaux d'action du QEC (traduit et adapté de Brown et Li, 2003)

	Niveau d'exposition			
	acceptable	rechercher plus	rechercher plus et faire des modifications rapidement	
E (%)	< 40 %	40 – 49 %	50 – 69 %	

3.5.3 4D Watbak – Analyses des contraintes au niveau du dos

Pour déterminer les contraintes au niveau du dos, le logiciel 4D Watbak a été utilisé. Trois grandes étapes ont été nécessaires : l'établissement des informations générales, l'établissement des modèles biomécaniques et la consultation des résultats.

3.5.3.1 Établissement des informations générales

Ces informations se subdivisent en deux grandes catégories : les informations générales touchant les travailleurs et les informations générales touchant les tâches de travail. Tout d'abord, les données générales sur les travailleurs ont été entrées dans l'interface du logiciel, c'est-à-dire l'identification du travailleur (ici un numéro), sa taille, son poids, son sexe et son âge. Nous avons ensuite rempli le formulaire sur les différentes tâches du poste de travail et ce pour un quart de travail complet (Figure 3.12). Les données nécessaires à cette étape étaient prises à partir des données déjà recueillies par la méthode OCRA et consistaient aux différentes tâches de travail effectuées subdivisées selon les différentes actions et aux pauses. Pour chacune de ces actions et de ces pauses, il fallait indiquer la durée. Pour cette partie de l'application du logiciel, différentes méthodes d'approximation pouvaient être utilisées pour arriver au calcul des charges cumulées. Les différentes méthodes d'approximation amènent d'ailleurs un niveau différent de précision des résultats. Callaghan et al. (2001) montrent donc six approches possibles : la situation idéale et des méthodes

d'approximations possibles. La méthode d'approximation utilisée dans cette étude se rapproche de la méthode utilisée à la Figure 3.13 (f), elle permet donc de trouver des résultats de charges cumulées qui sont des valeurs intermédiaires entre la réalité (Figure 3.13 (a)) et l'approximation grossière de la Figure 3.13 (c).

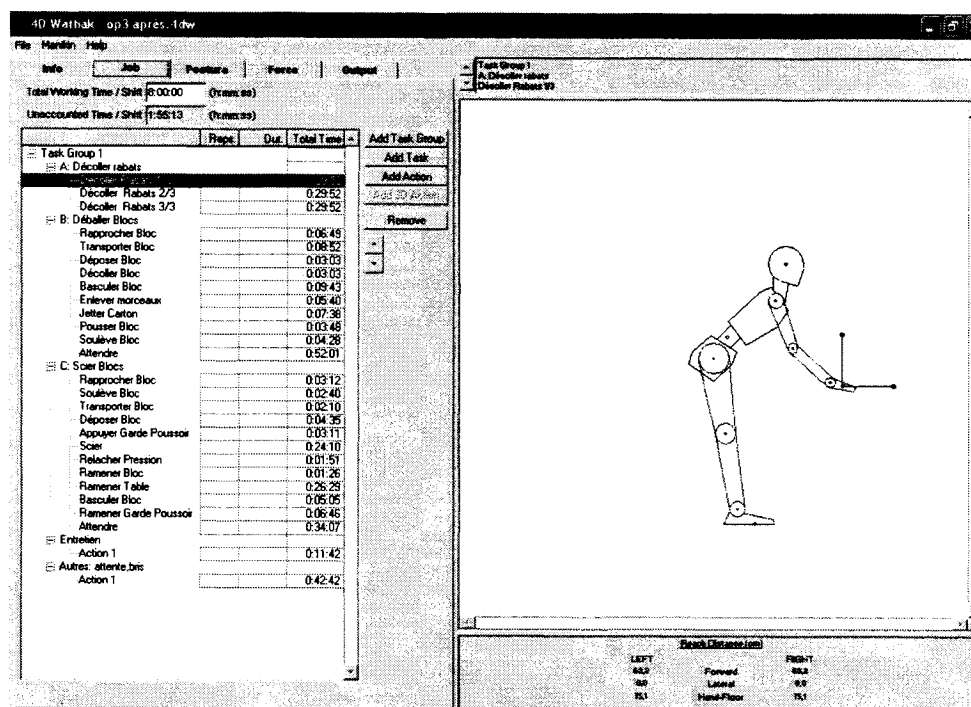


Figure 3.12 : Exemple d'écran de saisie pour les informations générales sur les tâches de travail

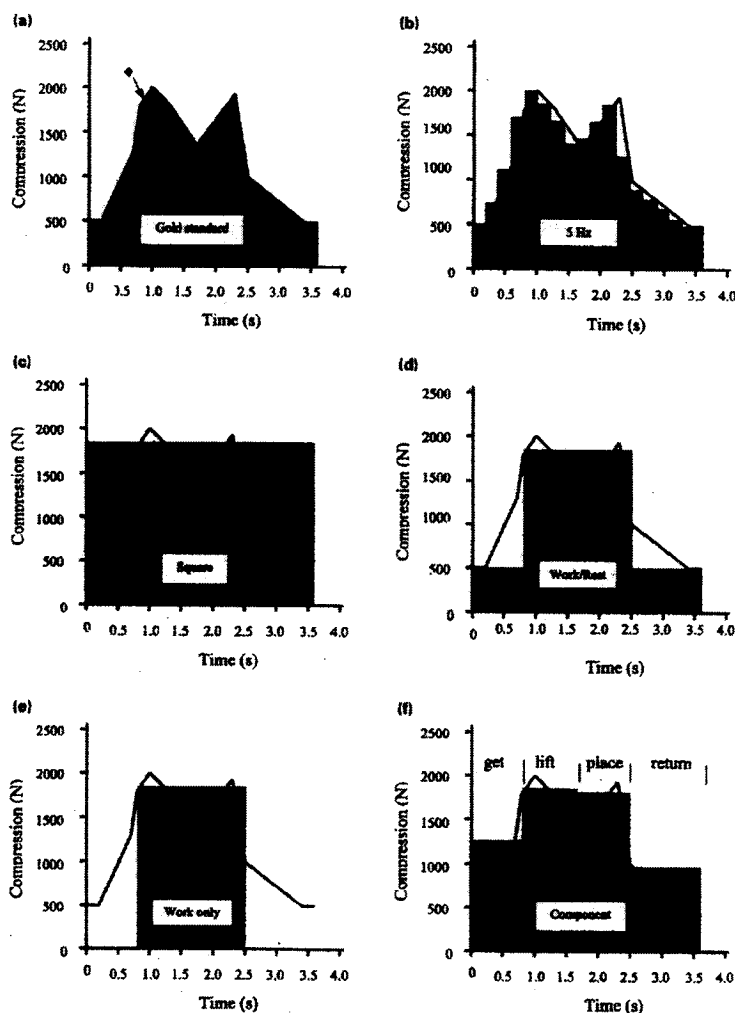


Figure 3.13 : Une représentation schématique de six approches utilisées pour calculer les charges cumulatives à L4/L5 (tiré de Callaghan et al., 2001) : (a) Situation idéale; (b) 5 Hz; (c) Carré; (d) Travail/repos; (e) Travail seulement; (f) par composantes.

3.5.3.2 Établissement des modèles biomécaniques

L'établissement des modèles biomécaniques consistait en premier lieu à établir les postures pour chacune des actions et ensuite à déterminer les forces pour chacune des postures. Les postures reliées aux actions mises en évidence précédemment ont ainsi été entrées dans le logiciel en 2D selon le plan sagittal. Afin d'établir les postures de chacune des actions, des photos ont été prises à l'aide des vidéos utilisés pour les deux autres méthodes. Comme le logiciel nécessite une posture dans le plan sagittal, les photos ont été choisies le plus possible dans ce plan. Cependant dans certaines

occasions seulement des vues du plan frontal étaient disponibles dans les vidéos, donc, dans ces cas, il a fallu faire des approximations à l'aide de ces photos. Ainsi une fois ces photos mises en évidence, il a fallu déplacer le mannequin virtuel pour que ce dernier ait une posture la plus similaire à celle de la photo. Une fois les postures entrées dans le logiciel, nous leurs avons ensuite associé les forces correspondantes. Pour ce faire, une partie des forces nécessaires aux actions a été déterminée à l'aide de la masse des objets manipulés et, à d'autres reprises, ces forces ont été déduites des pointages provenant de l'échelle de Borg obtenus lors de la prise de données de la méthode OCRA. Par exemple, la force nécessaire pour pousser des blocs a été approximée en déterminant la force de frottement statique pour mettre en mouvement ces blocs, ici considérés comme de la glace sur la table de métal. Les forces ainsi déterminées ont été saisies dans le formulaire correspondant du logiciel et leur direction indiquée.

3.5.3.3 Consultation des résultats

Une fois les deux étapes précédentes terminées, le logiciel calculait les charges maximales et les charges cumulées. La combinaison des indices de ces catégories a servi à déterminer l'indice « Low Back Pain Reporting Index » (LBPRI) qui indique les risques de problèmes au niveau du dos (Figure 3.14). Les valeurs que cet indice peut prendre se situent entre 0 et 1. Plus l'indice est petit, donc se rapprochant de 0, meilleure est la situation (référence Internet, 7). Tout comme dans le cas de la méthode QEC, les résultats moyens des indices pour tous les sujets ont été gardés pour fin d'analyses. Les résultats par travailleur sont cependant disponibles à l'ANNEXE III.

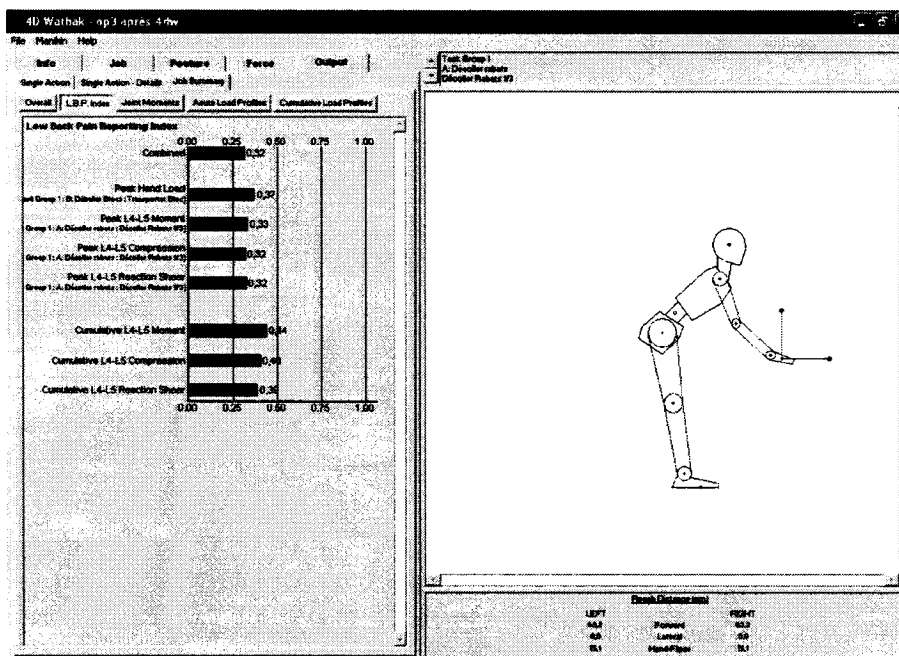


Figure 3.14 : Exemple d'une page de résultats obtenue par le logiciel pour le LBPRI

3.6 Moments des prises de données des trois méthodes

Pour ce projet, trois situations ont été évaluées soit la situation *Avant* en juillet 2003, la situation *Après 1* à la fin septembre 2003 et finalement la situation *Après 2* en juin 2004. La situation *Avant* était l'état initial du projet, la situation *Après 1* se situait après des premières modifications au poste de travail et la situation *Après 2* a été prise après l'implantation des dernières modifications, soit un an après le début du projet. Les différentes prises de données nécessaires aux analyses avec les différentes méthodes ont été effectuées aux moments indiqués à la Figure 3.15. Ainsi, lorsque la première prise de vidéos par l'entreprise a été effectuée, situation *Avant*, les méthodes choisies pour évaluer les risques de TMS n'avaient pas encore été déterminées. Il y a aussi eu des répercussions sur la deuxième situation, *Après 1*, qui a, elle aussi, vu une partie de ces données prises après un certain laps de temps. Ainsi pour les deux premières situations, *Avant* et *Après 1*, les différentes données nécessaires à l'application de la méthode OCRA, de la méthode QEC et du logiciel 4D Watbak n'ont pas été prises au

même moment. Les données touchant la distribution des tâches dans le temps, pour la méthode OCRA et le logiciel 4D Watbak, ont donc été recueillies à une période ultérieure à la prise des vidéos, soit environ un mois et demi suite à la prise des vidéos de la situation *Après 1*, et les mêmes informations ont été utilisées pour les deux situations, *Avant* et *Après 1*. Il en a été de même pour les efforts nécessaires à l'accomplissement des différentes tâches dont les données pour la situation *Avant* ont été prises neuf mois après la prise des vidéos de cette situation et celles pour la situation *Après 1* ont été prises neuf mois après la prise de vidéos de cette même situation. Pour éviter un biais, dû à l'usage de la mémoire, face à l'évaluation des efforts par les travailleurs à la situation *Avant*, les travailleurs questionnés ont travaillé avec leur ancienne méthode, celle de la situation *Avant*, la journée qu'ils ont été interrogés. Pour ce qui est de l'évaluation des efforts de la situation *Après 1* par les travailleurs, les nouvelles modifications, celles de la situation *Après 2*, au poste de travail venaient tout juste d'être implantées. La situation a été similaire dans le cas de la méthode QEC. Ainsi, les données sur les postures ont été documentées à partir des vidéos alors que les données provenant des questions aux travailleurs ont été posées ultérieurement, soit neuf mois après la prise des vidéos de la situation *Après 1*. Cette prise de données a d'ailleurs permis de recueillir les informations nécessaires autant pour la situation *Avant* qu'*Après 1*. La mémoire des travailleurs a donc été mise à contribution dans ces cas, mais tout de même avec un peu d'aide pour faciliter l'usage de la mémoire. Finalement ceci a été rétabli à la situation *Après 2*, car toutes les données ont été recueillies dans la même journée.

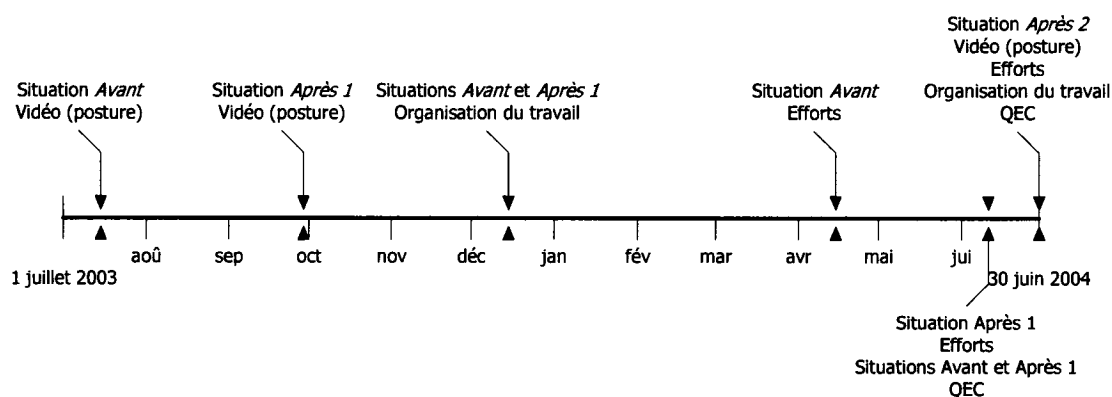


Figure 3.15 : Moments des différentes prises de données

3.7 Autres données recueillies

En plus, des données nécessaires à l'application des méthodes, d'autres données ont été recueillies. Ces données sont les temps d'application des différentes méthodes, des observations de l'activité de travail, les commentaires des travailleurs, et les données relatives à la mise en place d'une formation pour le poste de scieur.

3.7.1 Temps d'application des méthodes OCRA, QEC et 4D

Watbak

Afin de déterminer le temps d'application des trois méthodes de travail, une feuille de temps a été remplie à chaque fois qu'une tâche reliée à l'application de l'une ou l'autre des méthodes était faite. Les temps d'application des différentes méthodes ont été mis en évidence et comparés en fonction des étapes nécessaires à compléter lors de l'application de chaque méthode. Les temps d'application utilisés sont ceux des situations *Après 1* et *Après 2*, de telle sorte que les temps d'apprentissage des méthodes interfèrent moins. De plus, comme l'évaluation des temps d'application a eu lieu aux situations *Après 1* et *Après 2*, les temps d'application comprennent l'évaluation de trois à cinq travailleurs selon la situation observée et la méthode utilisée.

3.7.2 Observations sur l'activité de travail et commentaires des travailleurs

Suite à l'implantation d'une partie des modifications au poste de travail, pendant et après la situation *Après 1*, des observations non systématiques et le recueil des commentaires des travailleurs ont été réalisés. Une rencontre avec le comité des scieurs a été effectuée afin de valider les informations recueillies. Lors de cette rencontre, les travailleurs ont pu confirmer ou infirmer et compléter les diverses informations. La rencontre de validation s'est passée par mode réaction, une observation ou un commentaire était mentionné et les travailleurs devaient indiquer si l'information était valide ou non et expliciter au besoin. Une fois toutes les informations recueillies, nous les avons regroupées dans des grandes catégories et le contenu de chaque catégorie a été analysé pour extraire des compléments d'information.

3.7.3 Données liées à la mise en place du contenu d'une formation

En parallèle avec le présent projet, l'entreprise a décidé de mettre en place une formation pour les travailleurs du poste de travail visé par les modifications, et ce, pour les deux lignes de production. Pour la mise en place de cette formation, l'entreprise a fait appel à un consultant spécialisé. Le rôle de ce consultant était d'élaborer une formation qui pourrait être donnée sur place par des opérateurs formateurs. Pour ce faire, le consultant a interrogé des travailleurs pour établir un profil de compétences pour le poste de préposé à la scie et à l'ouverture des blocs. Une fois ce profil établi, il a élaboré le manuel de formation en collaboration avec deux travailleurs du comité des scieurs et l'auteure de ce mémoire. Le manuel a été révisé lors d'une réunion avec tous les intervenants importants de l'entreprise. L'auteure de ce mémoire a participé au processus d'élaboration du profil de compétences du scieur en tant qu'observatrice et, lors des étapes d'élaboration et validation du manuel de formation, elle a participé à certaines discussions sur des aspects ergonomiques devant être intégrés dans le manuel de formation. Le processus a donc été documenté du point de vue de la prise en compte des idées de travailleurs dans le manuel en ce qui concerne les problématiques concernant leur sécurité et santé musculo-squelettique.

3.8 Analyses

Pour analyser les trois situations observées, trois types d'analyses ont été réalisés pour évaluer l'exposition aux TMS et les différentes méthodes utilisées pour la mesurer : des analyses inter-situations, des analyses inter-méthodes et les autres analyses.

3.8.1 Analyses inter-situations à l'aide des différentes méthodes

Dans un premier temps, une comparaison entre les différentes situations observées a été réalisée. Pour ce faire, chacune des trois situations a été analysée à l'aide des trois méthodes : OCRA, QEC et 4D Watbak. Pour vérifier s'il y a eu une amélioration ou une détérioration importante dans l'exposition aux facteurs de risques entre les différentes

situations, le pourcentage d'augmentation ou de diminution a été calculé. De façon à vérifier si une modification a eu un impact important, une modification positive ou négative de 4 % des indices a été considérée tout au long des différentes comparaisons. Cette règle a été appliquée autant pour la comparaison entre les situations analysées à l'aide de la méthode OCRA, de la méthode QEC et du logiciel 4D Watbak. Ce pourcentage a été déduit des résultats obtenus en faisant varier les facteurs de risques pour les faire changer d'intervalles de risques.

3.8.2 Analyses inter-méthodes : entre OCRA et QEC

Les données obtenues à partir des méthodes OCRA et QEC ont été comparées pour analyser la concordance entre les résultats au niveau des membres supérieurs et les indices globaux pour les différentes situations. Les deux méthodes donnant une série de résultats par situation, afin de les comparer il a fallu prendre un seul indice par méthode. L'indice OCRA tient compte des différentes tâches, mais sépare en deux indices distincts les côtés du corps et l'indice QEC tient compte des pires cas, côtés du corps confondus, mais ne tient compte que d'une tâche à la fois. Ainsi pour être capable de comparer les résultats obtenus avec les deux méthodes un indice unique a été utilisé pour chacune des méthodes. L'indice OCRA le plus élevé pour chacune des situations, côté gauche ou droit, soit le plus contraignant, a été utilisé. Pour la méthode QEC, les indices particuliers aux membres supérieurs, régions épaule/bras et poignet/main, de la tâche la plus contraignante ainsi que l'indice unique du QEC de la tâche la plus contraignante, tâche A, B, C ou D, soit l'indice le plus élevé par situation, ont été utilisés.

3.8.3 Analyses inter-méthodes : entre QEC et 4D Watbak

Cette analyse a permis de comparer l'exposition au niveau du dos, calculée avec les méthodes QEC et le logiciel 4D Watbak pour les différentes situations, en vue de déterminer si les résultats concordent. Les deux méthodes donnant une série de résultats par situation, afin de pouvoir les comparer, il a fallu arriver à un indice unique par méthode. L'indice QEC ne tient compte que d'une tâche à la fois alors que le

logiciel 4D Watbak prend en compte les tâches sur l'ensemble du quart de travail et calcule des charges maximales et des charges cumulatives. Pour être capable de comparer les résultats obtenus, l'indice unique et l'indice particulier au dos du QEC de la tâche la plus contraignante, soit l'indice le plus élevé par situation, et l'indice cumulé obtenu par le logiciel 4D Watbak (LBPRI) ont été utilisés.

3.8.4 Autres analyses

Les autres analyses concernent les autres données et sont de quatre natures : l'analyse des temps d'applications des méthodes utilisées, l'analyses d'observations, l'analyse des commentaires et l'analyse du processus de mise en place d'une formation. L'analyse des temps d'application des méthodes OCRA et QEC et du logiciel 4D Watbak a permis de mettre en évidence les temps totaux d'application et les étapes demandant les plus longs temps d'application. L'analyse des observations a permis d'apporter un complément d'information face à la tâche de travail. L'analyse des commentaires des travailleurs a elle aussi apporté un complément d'information face à la tâche de travail, mais aussi face à l'acceptation des changements. Pour l'analyse du processus de mise en place de la formation, les informations recueillies à l'aide des observations de l'auteure de ce mémoire et de son implication ont été regroupées en catégories et leur contenu analysé.

CHAPITRE 4 - RÉSULTATS

La méthodologie présentée précédemment a permis de trouver les résultats présentés dans ce chapitre. Ce chapitre de résultats comporte donc cinq sections. Tout d'abord, les modifications apportées au poste de travail sont documentées, et les résultats d'exposition aux TMS obtenus pour chacune des méthodes, OCRA, QEC et 4D Watbak, sont présentés. Par la suite, les résultats d'exposition obtenus pour chacune des méthodes sont comparés entre eux : comparaison entre OCRA et QEC et comparaison entre QEC et 4D Watbak. Ensuite, les résultats en lien avec les autres données recueillies sont présentés : les temps d'application des méthodes utilisées, les observations non systématiques, les commentaires des travailleurs et les résultats liés à la mise en place d'une formation. Finalement, une synthèse des principaux résultats obtenus est effectuée.

4.1 Documentation des modifications réalisées au poste de scieur

Afin de bien saisir les effets des modifications au poste de travail des scieurs sur l'exposition aux TMS, les modifications qui ont eu lieu tant au niveau des tâches de travail qu'au niveau de l'aménagement sont documentées.

4.1.1 Modification des manipulations faites au poste de travail

Tout d'abord, des modifications ont été implantées par rapport aux tâches réalisées par les travailleurs au poste de travail influençant donc le nombre de manipulations requises par chacune des tâches. Ainsi chacune des tâches effectuées au poste de travail comporte un nombre de mouvements pour être complétée, ce nombre variant légèrement d'un cycle à l'autre et aussi entre les travailleurs. Le Tableau 4.1 montre le nombre de mouvements observés par cycle de travail pour chaque tâche à chacune des situations, *Avant*, *Après 1* et *Après 2*, et ce, pour les deux côtés du corps. Ces nombres

de mouvements ont été déduits des diagrammes de déroulement main gauche-main droite, présentés à l'ANNEXE IV, qui ont été remplis pour un opérateur représentatif. Le contenu de ces diagrammes a cependant été vérifié à l'aide des vidéos des autres travailleurs observés, pour s'assurer qu'ils étaient représentatifs de la tâche observée.

Tableau 4.1 : Nombre de mouvements par cycle de travail pour chacune des tâches

		Situation <i>Avant</i>				Situation <i>Après 1</i>				Situation <i>Après 2</i>			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Nombre de mouvements	Côté gauche	21	38,9	13	15,1	19	15,8	13	15,6	1,3	9,3		14,4
	Côté droit	18,2	38,9	14	13,1	17,2	18,8	12	14,1	4,4	10,7		11

Comme il a été présenté à la section 3.3, la principale modification effectuée entre les situations *Avant* et *Après 1* a été la diminution du poids maximal soulevé par les travailleurs pour les tâches B, C et D. Ceci a donc surtout fait varier le nombre de mouvements par cycle pour la tâche B, car les travailleurs ne déballaient à la situation *Après 1* que le bloc qu'ils avaient transporté. Ceci a donc amené un poids soulevé par les travailleurs inférieur comparativement à la situation précédente et a fait diminuer de plus de la moitié le nombre de mouvements par cycle. Finalement, au niveau de la tâche D, il y a eu peu de modifications, la seule modification apparue étant que maintenant le travailleur de la dernière scie devait déposer les tranches sciées par le travailleur de la première scie dans le chariot.

Les tâches de la situation *Après 2* ont aussi vu apparaître des modifications par rapport à la situation précédente (*Après 1*). En comparant tout d'abord les mouvements de la tâche A de ces deux situations, il est possible de remarquer un grand changement dans cette tâche. Ceci est dû au fait que, lors de la dernière prise de données, les blocs de poisson n'arrivaient plus emballés dans des boîtes de cartons. Dans la dernière situation, les travailleurs n'ayant plus à déballer les boîtes, mais seulement à décoller les côtés des blocs. Ceci a donc fait diminuer le nombre de mouvements par cycles pour la première tâche pour atteindre entre 93,2 % de diminution pour le côté gauche et 74,4 % pour le droit. La tâche B a aussi changé en faisant diminuer le nombre de

mouvements nécessaires, mais de façon moins importante que pour la tâche précédente. Les modifications sont surtout dues au fait que les travailleurs n'ont plus à décoller les côtés des blocs au couteau. Finalement, à la tâche D, des modifications ont eu lieu au niveau du nombre de mouvements effectués dû aux changements dans la nature des mouvements. Ainsi, le changement de méthode de coupe a entraîné le retournement du bloc, mais a aussi éliminé l'utilisation de tranches restantes. Les travailleurs n'ont maintenant plus à manipuler ces dernières et à les déposer plus loin dans la ligne production.

4.1.2 Modification de l'aménagement du poste de travail

En plus des modifications au niveau des manipulations faites au poste de travail, des modifications ont eu lieu par rapport à l'aménagement. Ainsi, à la situation *Après 1*, les tables servant à l'accumulation de poisson entre les étapes de coupes ont été raccourcies, amenant donc de légères modifications de la configuration du poste de travail (Figure 3.2 et Figure 3.4). À la situation *Après 2*, les modifications ont été plus importantes, car la première scie et par conséquent la deuxième table ont été enlevées pour utiliser une nouvelle façon de transformer le produit, soit en ayant une coupe de moins à effectuer (Figure 3.6).

4.2 Comparaison entre les niveaux d'exposition aux TMS des trois situations observées

La comparaison des niveaux d'exposition aux TMS, pour les trois situations observées (*Avant*, *Après 1* et *Après 2*), a été faite à l'aide de la méthode OCRA, de la méthode QEC et du logiciel 4D Watbak.

4.2.1 OCRA

Les données d'exposition obtenues avec la méthode OCRA concernent principalement le calcul du nombre de mouvements par quart de travail, l'estimation du niveau d'effort

nécessaire aux différentes tâches, l'analyse des postures des différentes tâches et finalement le calcul de l'index d'exposition.

4.2.1.1 Mouvements effectués par quart de travail

À l'aide du nombre de mouvements par cycle calculé précédemment, il a été possible de déterminer le nombre de mouvements effectués par tâche et finalement par quart de travail. Le Tableau 4.2 montre le nombre de mouvements effectués à la situation initiale, *Avant*. Ainsi, pour le quart de travail complet de cette situation (huit heures), les travailleurs effectuaient au total, pour l'ensemble des quatre tâches, environ 21 000 mouvements du côté gauche et environ 19 500 mouvements du côté droit. Lors de la situation *Après 1*, Tableau 4.3, ceci a très peu changé, car le nombre de mouvements par côté du corps a diminué de 7 % pour le côté gauche et de 4,7 % pour le côté droit. En ce qui concerne la situation *Après 2*, Tableau 4.4, les modifications au poste de travail ont entraîné une plus grande diminution, soit de 39,8 % pour le côté gauche et 5,7 % pour le côté droit, par rapport à la situation *Après 1*. Cependant, entre les situations *Avant* et *Après 2*, la diminution du nombre de mouvements est plus importante, soit de 44 % pour le côté gauche et 10,1 % pour le côté droit.

Tableau 4.2 : Situation *Avant* – Mouvements effectués par les travailleurs durant un quart de travail

	Côté gauche				Côté droit			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Durée de la tâche pendant le quart (min)	118	72	61	85	118	72	61	85
Temps de cycle moyen (s)	20 ± 6	34 ± 4	13 ± 2	16 ± 4	20 ± 6	34 ± 4	13 ± 2	16 ± 4
Fréquence des actions (nb d'actions/min)	65	69	60	56	55	69	65	49
Total des actions dans la tâche	7 579	4 968	3 642	4 782	6 476	4 972	3 922	4 149
Total des actions par quart de travail	20 972 Ae				19 519 Ae			

moyenne ± écart-type calculés pour l'ensemble des cycles filmés

Tableau 4.3 : Situation *Après 1* – Mouvements effectués par les travailleurs durant un quart de travail

	Côté gauche				Côté droit			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Durée de la tâche pendant le quart (min)	118	72	61	85	118	72	61	85
Temps de cycle moyen (s)	19 ± 3	15 ± 4	14 ± 4	18 ± 2	19 ± 3	15 ± 4	14 ± 4	18 ± 2
Fréquence des actions (nb d'actions/min)	62	62	56	51	55	73	48	46
Total des actions dans la tâche	7 312	4 410	3 411	4 372	6 516	5 258	2 887	3 951
Total des actions par quart de travail	19 504 Ae				18 611 Ae			

moyenne ± écart-type calculés pour l'ensemble des cycles filmés

Tableau 4.4 : Situation *Après 2* – Mouvements effectués par les travailleurs durant un quart de travail

	Côté gauche				Côté droit			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Durée de la tâche pendant le quart (min)	90	99		116	90	99		116
Temps de cycle moyen (s)	2,6 ± 1,5	14 ± 6		20 ± 2	2,6 ± 1,5	14 ± 6		20 ± 2
Fréquence des actions (nb d'actions/min)	30	41		44	101	47		34
Total des actions dans la tâche	2 680	3 991		5 062	9 070	4 592		3 885
Total des actions par quart de travail	11 734	Ae			17 548	Ae		

moyenne ± écart-type calculés pour l'ensemble des cycles filmés

4.2.1.2 Niveau d'effort des différentes tâches

Pour l'application de la méthode OCRA, le niveau d'effort nécessaire aux mouvements des différentes tâches a été évalué avec les travailleurs observés. Ainsi, les principaux mouvements demandant un effort pour chacune des situations sont présentés dans le Tableau V.1 pour la situation *Avant*, le Tableau V.2 pour la situation *Après 1* et le Tableau V.3 pour la situation *Après 2*, de l'ANNEXE V. La comparaison des résultats obtenus dans les deux premières situations, par anova pour les mouvements similaires, montre qu'il semble ne pas avoir de différence significative entre les niveaux d'effort moyen calculés entre les situations *Avant* et *Après 1* ($p > 0,05$), sauf pour quelques mouvements qui font exceptions. Pour ce qui est des mouvements de la situation *Après 1* qui nécessitaient de soulever moins de blocs à la fois, l'effort moyen de ces mouvements a effectivement diminué. La comparaison par travailleur, entre les deux premières situations, montre que le travailleur qui était présent aux deux situations (travailleur #11) estime au même niveau l'effort nécessaire pour réaliser les mêmes actions. Ceci a été vérifié par analyses statistiques des paires de données (« matched pairs ») pour les mouvements n'ayant pas été modifiés. En effet, autant pour le côté gauche et le côté droit, la différence entre les données d'efforts n'est pas significative (gauche : $p = 0,1537$, droit : $p = 0,2016$).

La comparaison entre les situations *Après 1* et *Après 2* permet de voir que les niveaux d'effort ne varient presque pas pour les trois travailleurs ayant été observés lors de ces situations. Le niveau d'effort estimé par le travailleur observé lors des trois situations

(11) n'est pas significativement différent (Tableau 4.5). Pour ce qui est des deux autres travailleurs, les niveaux d'effort indiqués ne sont, aussi, pas significativement différents, sauf dans le cas des efforts pour le côté droit du travailleur #4. Il en est d'ailleurs de même lorsque les efforts donnés par les deux groupes de travailleurs, situations *Après 1* et *Après 2*, sont comparés, la différence d'évaluation n'étant pas significative.

Tableau 4.5 : Comparaison des niveaux d'effort indiqués par les travailleurs entre les situations *Après 1* et *Après 2* (« matched pairs »)

	Côté gauche			Côté droit		
# travailleur	3	4	11	3	4	11
p > t	0,4961	0,3092	0,4009	1,0000	0,0115	0,2419

Les niveaux d'effort présentés précédemment ont ensuite été pondérés en fonction du temps de maintien de chacun des mouvements pour donner les résultats par tâche présentés au Tableau 4.6. La comparaison des situations *Avant* et *Après 1* permet de remarquer que les modifications effectuées, entre autres la modification du nombre de blocs soulevés à la fois, ont occasionné une modification de l'effort pondéré nécessaire aux tâches B, C et D. Cette diminution du poids ne se reflète cependant pas sur l'effort nécessaire aux tâches B et D lequel a augmenté, alors que celui de la tâche C a effectivement vu une baisse. Donc, pour la tâche B, les travailleurs ont fait une évaluation plus élevée de la situation *Après 1* que de la situation *Avant*, même si le nombre de blocs soulevés à la fois était inférieur. L'évaluation de l'effort pour le côté gauche a donc augmenté de 15,5 % et celle du côté droit est restée pratiquement stable (augmentation de 6,9 %). La tâche C a pour sa part vu une diminution de l'effort du côté gauche de 19,1 % et de 27,9 % pour le côté droit. L'évolution de la tâche D est similaire à celle de la tâche B et a vu l'effort du côté gauche augmenter de 66,7 % et celle du côté droit de 140,7 %. Maintenant, la comparaison des situations *Avant* et *Après 2* montre qu'effectivement, comme toutes les tâches ont été légèrement modifiées, les efforts pondérés pour chacune des tâches ont aussi varié. À la situation *Après 2*, la tâche A a été modifiée en profondeur dû à la façon dont arrive la matière

première, l'effort pondéré pour les deux côtés du corps de cette tâche a donc diminué, 58,3 % pour le gauche et 14,7 % pour le droit. Pour la tâche B, il y a là aussi une diminution de l'effort, c'est-à-dire 10,7 % pour le gauche et 16,8 % pour le droit. L'effort nécessaire à la tâche D a pour sa part augmenté de 90,7 % pour le côté gauche et de 123,7 % pour le côté droit. La différence d'effort est cependant moins importante lors de la comparaison des situations *Après 1* et *Après 2*, il y a donc une augmentation de 14,4 % pour le côté gauche et une faible diminution pour le côté droit (7,0 %).

Tableau 4.6 : Efforts pondérés pour les différentes tâches

	Avant				Après 1				Après 2			
Tâches	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Côté gauche	1,20	0,84	1,15	0,75	1,28	0,97	0,93	1,25	0,50	0,75		1,43
Côté droit	1,29	1,01	1,29	0,59	1,35	1,08	0,93	1,42	1,10	0,84		1,32

Enfin, en comparant les niveaux obtenus par chacun des individus pour les différentes situations (Tableau V.1, Tableau V.2 et Tableau V.3) aux efforts pondérés (Tableau 4.6), il est possible de remarquer que certains mouvements demandaient un effort modéré (3 sur l'échelle de Borg) ou encore jusqu'à un effort très élevé (7 sur l'échelle de Borg) et, qu'une fois les efforts nécessaires à la tâche pondérés, les niveaux d'effort atteignaient un niveau d'environ 1,5 sur l'échelle de Borg correspondant à un effort entre très faible et faible. Ceci est attribuable au fait que les efforts d'intensité élevée n'avaient pas lieu longtemps pendant le cycle de travail.

4.2.1.3 Posture des différentes tâches

Dans le cadre de l'application de la méthode OCRA, la posture des travailleurs a été observée. Les résultats moyens de la posture des travailleurs à la situation *Avant* sont présentés au Tableau 4.7, ceux de la situation *Après 1* au Tableau 4.8 et ceux de la situation *Après 2* au Tableau 4.9. Ainsi pour la situation *Avant*, la posture de l'épaule a pour principale caractéristique, pour toutes les tâches, d'avoir le bras soulevé, sans être soutenu, de plus de 20° pour plus de 50% du cycle. Au niveau du coude, la tâche qui

a des postures à risques est la tâche D pour le côté droit et occasionne une pronation pour plus du 2/3 du cycle. Pour la posture du poignet, la tâche B occasionne une déviation radiale/ulnaire de plus de 1/3 du cycle pour le côté droit. La posture de la main gauche est plus problématique à la tâche D dû au poussoir qu'il faut tenir pour effectuer la tâche et celle de la main droite l'est surtout à cause du couteau que les travailleurs manipulent pour les deux premières tâches et ensuite au plateau de la scie qu'ils empoignent pour faire la tâche D.

Tableau 4.7 : Situation *Avant* – Analyse posturale des membres supérieurs des travailleurs observés pour chacune des tâches

		Côté gauche				Côté droit			
Tâches		A	B	C	D	A	B	C	D
Position et mouvement huméro-scapulaire (épaule)									
	Zone à risques	0	0	0	0	0	0	0	0
	Séréotypie	0	0	0	0	0	0	0	0
	Soulevé zone à risques	0	0	0	0	0	0	0	0
	Soulevé plus 20°	4	4	4	4	4	4	4	4
Somme		4	4	4	4	4	4	4	4
Mouvement du coude									
	Supination	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pronation	0	0	1	4	0	0	0	0
	Flexion	0	0	0	0	0	0	0	0
	Séréotypie	0	0	0	0	0	0	0	0
Somme		0	0	1	4	0	0	0	0
Position et mouvement du poignet									
	Déviation radiale/ulnaire	0	0	1	0	1	4	1	0
	Extension	0	0	0	0	0	0	0	0
	Flexion	0	0	0	0	0	0	0	0
	Séréotypie	0	0	0	0	0	0	0	0
Somme		0	0	1	0	1	4	1	0
Type de poigne et mouvement des doigts									
	« Grip » (3-4 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	« Tight grip » (1,5 cm)	0	0	0	0	0	0	0	2
	« Pinch »	1,5	3	0	0	0	0	0	0
	« Palmar grip »	0	0	0	0	12	12	2	0
	« Hook grip »	0	0	0	8	0	0	0	0
	« Digitation »	0	0	4	0	0	0	2	0
	Séréotypie	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tient objet continuellement	0	0	0	4	4	4	0	4
Somme		1,5	3	4	12	16	16	4	6

La comparaison de la posture entre les situations *Avant* et *Après 1* montre que l'épaule est plus exposée à des postures contraignantes à la deuxième situation qu'à la première. La tâche pour laquelle cette modification est la plus importante est la tâche A pour le côté droit du corps. Pour ce qui est de la posture du coude, elle est devenue plus contraignante pour les tâches A, B et C. La posture du poignet a varié pour pratiquement toutes les tâches, certaines devenant plus contraignantes et d'autres l'étant moins. Au niveau de la posture de la main, toutes les tâches sont devenues plus contraignantes sauf les tâches A et B, pour le côté droit, qui n'ont pas varié.

Tableau 4.8 : Situation *Après 1* – Analyse posturale des membres supérieurs des travailleurs observés pour chacune des tâches

		Côté gauche				Côté droit			
Tâches		A	B	C	D	A	B	C	D
Position et mouvement huméro-scapulaire (épaule)									
	Zone à risques	1	0,8	0	1	6	0	0	0
	Stérotypie	0	0,8	1,33	0	1	0,8	0	0
	Soulevé zone à risques	1	0,8	0	1	6	0	0	0
	Soulevé plus 20°	4	4	4	4	4	4	4	4
Somme		6	6,4	5,33	6	17	4,8	4	4
Mouvement du coude									
	Supination	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pronation	1	0,8	2,67	4	1,5	1,2	1,33	0
	Flexion	0	0	0	0	0	0	0	0
	Stérotypie	1	0,8	1,33	0	2	0,8	0	0
Somme		2	1,6	4	4	3,5	2	1,33	0
Position et mouvement du poignet									
	Déviation radiale/ulnaire	0	0	2	0	2	1,6	1,33	1,5
	Extension	0	0	0	1	0	0	0	1
	Flexion	1,5	0	0	0	0	0	0	0
	Stérotypie	1	0	0	0	0	0,8	0	0
Somme		2,5	0	2	1	2	2,4	1,33	2,5
Type de poigne et mouvement des doigts									
	« Grip » (3-4 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	« Tight grip » (1,5 cm)	0	0	0	0	0	0	0	4
	« Pinch »	1,5	1,8	0	0	0	0	0	0
	« Palmar grip »	0	0	0	3	12	12	0	0
	« Hook grip »	0	0,8	0	1	0	0	0	0
	« Digitation »	1	0,8	4	1	0	0	5,33	0
	Stérotypie	0	0,8	1,33	1	0	0	4	4
	Tient objet continuellement	0	0	0	1	4	4	0	4
Somme		2,5	4,2	5,33	7	16	16	9,33	12

La comparaison de la posture entre les situations *Avant* et *Après 2* montre, pour sa part, que l'épaule est là aussi plus exposée à des postures contraignantes qu'à la situation initiale, mais dans ce cas au niveau de la tâche A pour les deux côtés du corps et au niveau de la tâche B pour le côté gauche. La tâche A est devenue plus à risques entre autres, car elle a un temps de cycle très court. Ainsi lorsque l'articulation est sollicitée le manque de variation (stéréotypie) devient donc automatiquement présent. Cet effet est d'ailleurs présent pour les autres articulations. En général au niveau du coude, les postures adoptées par les travailleurs sont plus contraignantes entre autres au niveau de la pronation pour les tâches A et B. Au niveau du poignet, la tâche qui a vu le plus de modification au niveau de la posture est la tâche D pour le côté droit. Cette tâche présentait donc une déviation radiale/ulnaire et aussi une stéréotypie. Les manipulations que les travailleurs effectuaient avec leurs mains à la dernière situation étaient, en général, plus contraignantes qu'à la situation initiale. La tâche A a donc vu une différence dans le type de manipulations effectuées par les deux mains et dans la stéréotypie de ces mouvements. Les modifications au niveau des types de mouvements du côté gauche pour la tâche D ont cependant permis de rendre moins contraignantes les postures de ce côté.

Afin d'effectuer le calcul de l'index d'exposition, les valeurs trouvées précédemment ont été transformées en facteurs de posture présentés au Tableau 4.10. Ces facteurs montrent qu'entre la situation *Avant* et *Après 2*, pour l'indice le plus contraignant du coude, du poignet et de la main, il y a eu une détérioration de la posture du côté gauche pour les tâches A et B et une amélioration pour la tâche D. Pour ce qui est du facteur de posture de l'épaule, seulement ceux de la tâche A, côté gauche et côté droit, se sont détériorés entre ces mêmes situations.

Tableau 4.9 : Situation *Après 2* – Analyse posturale des membres supérieurs des travailleurs observés pour chacune des tâches

		Côté gauche				Côté droit			
Tâches		A	B	C	D	A	B	C	D
Position et mouvement huméro-scapulaire (épaule)									
	Zone à risques	2,67	1,33		0	2,67	0		0
	Stéréotypie	4	0		0	4	0		0
	Soulevé zone à risques	2,67	1,33		0	2,67	0		0
	Soulevé plus 20°	1,33	4		4	2,67	4		4
Somme		10,67	6,67		4	12	4		4
Mouvement du coude									
	Supination	0	0		0	0	0		0
	Pronation	2	1,33		4	6	1,33		0
	Flexion	0	0		0	0	0		0
	Stéréotypie	4	0		1,33	4	0		0
Somme		6	1,33		5,33	10	1,33		0
Position et mouvement du poignet									
	Déviation radiale/ulnaire	0	0		0	0	2		3,33
	Extension	0	0		0	0	0		0
	Flexion	0	0		0	0	0		0
	Stéréotypie	4	0		0	4	0		1,33
Somme		4	0		0	4	2		4,67
Type de poigne et mouvement des doigts									
	« Grip » (3-4 cm)	0	0,33		0	0	0,33		0
	« Tight grip » (1,5 cm)	0	0		1,33	0	0		3,33
	« Pinch »	0	3		0	0	0		0
	« Palmar grip »	0	0		0	12	12		0
	« Hook grip »	0	0		1,33	0	0		0
	« Digitation »	4	0		1,33	0	0		0
	Stéréotypie	4	1,33		1,33	4	0		1,33
	Tient objet continuellement	0	0		0	4	4		2,67
Somme		8	4,67		5,33	20	16,33		7,33

Tableau 4.10 : Facteurs de posture nécessaires au calcul de l'index d'exposition

		Avant				Après 1				Après 2			
Tâches		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Côté gauche	Épaule	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7		0,7
	Coude	1	1	1	0,7	1	1	0,7	0,7	0,7	1		0,7
	Poignet	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	1		1
	Main	1	1	0,7	0,5	1	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7		0,7
	Fp	1	1	0,7	0,5	1	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7		0,7
Côté droit	Épaule	0,7	0,7	0,7	0,7	0,33	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7		0,7
	Coude	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	1		1
	Poignet	1	0,7	1	1	1	1	1	1	0,7	1		0,7
	Main	0,33	0,33	0,7	0,7	0,33	0,33	0,6	0,5	0,33	0,33		0,7
	Fp	0,33	0,33	0,7	0,7	0,33	0,33	0,6	0,5	0,33	0,33		0,7

4.2.1.4 Indice d'exposition

À l'aide, entre autres, des données explicitées précédemment, les indices de la méthode OCRA ont été calculés pour les trois situations. Dans le Tableau 4.11, l'indice général et l'indice spécifique à l'épaule sont présentés pour l'ensemble des travailleurs et pour les trois situations observées. Pour connaître le niveau d'exposition auquel les travailleurs ont été exposés lors des différentes situations analysées, les indices obtenus sont comparés aux intervalles de niveau de risques présentés au Tableau 3.3. Ce tableau fait donc ressortir que, même si l'indice général du côté gauche a diminué de 37,2 % entre la situation initiale, *Avant*, et la situation finale, *Après 2*, l'indice de cette dernière situation demeure dans la zone « acceptable sous conditions – jaune et rouge », qui est une zone à risques selon Ringelberg et Koukoulaki (2002). L'indice général du côté droit a, pour sa part, varié tout au long des prises de données (augmentation de 18,7 % à la situation *Après 1*) pour n'avoir qu'une faible diminution entre la situation *Avant* et *Après 2* (5,8 %) et rester dans la zone de niveau de risques non acceptable. Finalement l'indice d'exposition spécifique à l'épaule montre que, pour le côté gauche, l'indice a diminué de 45,6 % entre les situations *Avant* et *Après 2* sans changer de zone de risques (zone non acceptable) et que, pour le côté droit, l'indice a varié tout au long des prises de données diminuant à peine de 4,9 % entre la situation initiale et la situation finale.

Tableau 4.11 : Résultats des indices OCRA

		Situation <i>Avant</i>	Situation <i>Après 1</i>	Situation <i>Après 2</i>
Indice général	Côté gauche	3,71 (4,00 ± 0,37)	3,64 (4,15 ± 0,30)	2,33 (2,32 ± 0,38)
	Côté droit			
Indice spécifique à l'épaule	Côté gauche			
	Côté droit			

Indice global (moyenne arithmétique ± écart-type)

En plus de vérifier la différence relative entre les résultats obtenus, des analyses statistiques ont été effectuées pour voir si une différence significative existait entre les résultats obtenus aux différentes situations. Pour effectuer ces analyses, la moyenne arithmétique des résultats par travailleur a été utilisée. Ces valeurs diffèrent cependant des indices trouvés en utilisant la moyenne des postures pour obtenir les indices globaux (Tableau 4.11). De plus pour l'indice général moyen, la moyenne arithmétique montre une détérioration de l'exposition lorsque l'indice global montre une amélioration de 5,8 %. Ainsi pour l'indice général du côté gauche, la différence entre l'exposition aux situations *Avant* et *Après 2* est significative (anova, $p = 0,0370$). Pour l'indice général du côté droit, les analyses montrent que les résultats obtenus ne sont pas significativement différents (anova, $p = 0,8742$). Pour ce qui est de la différence d'exposition selon l'indice spécifique à l'épaule, elle est significative pour le côté gauche (anova, $p = 0,0077$) et non-significative pour le côté droit (anova, $p = 0,8044$).

L'examen de la feuille de calcul de chacune des situations permet de faire ressortir les éléments qui ont changé entre les situations. Ainsi entre les situations *Avant* et *Après 2*, respectivement la Figure 4.1 et la Figure 4.2, les principales différences se situent au niveau des facteurs de force et de posture, comme explicité dans les sections précédentes (sections 4.2.1.2 et 4.2.1.3), mais aussi au niveau de la durée des tâches répétitives et au niveau du facteur touchant le manque de récupération. Comme à la situation *Après 2* une tâche a été enlevée, le temps passé à chacune des tâches a donc été modifié. Finalement, dans la situation *Après 2*, les résultats montrent que les travailleurs ont une meilleure récupération. Le facteur se référant au manque de période de récupération est donc moins contraignant que dans la situation précédente. Pour ce qui est de la feuille de calcul de la situation *Après 1*, elle est disponible à l'ANNEXE VI.

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
30	30	30	30	30	30	30	30	C.F.

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
0,81	0,90	0,82	0,92	0,79	0,85	0,79	0,97	FF

A	B	C	D	A	B	C	D
1,20	0,84	1,15	0,75	1,29	1,01	1,29	0,59

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1		0,7		0,6		0,5		0,33

	A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Épaule	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
Coude	1	1	1	0,7	1	1	1	1	
Poignet	1	1	1	1	1	0,7	1	1	
Main	1	1	0,7	0,5	0,33	0,33	0,7	0,7	
	1	1	0,7	0,5	0,33	0,33	0,7	0,7	Fp

A	B	C	D	A	B	C	D
4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
0,0	0,0	1,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	4,0	1,0	0,0
1,5	3,0	4,0	12,0	16,0	16,0	4,0	6,0

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	Fc

Durée des tâches répétitives (minutes)

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
118	72	61	85	118	72	61	85	

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

2713	1832	989	1124	876	570	957	1654
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

Gauche	Droite
6658	4057

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0	1,5

Fr

0,85

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480	
Facteur	2		1,5		1		0,5		335

Fd

1

Gauche	Droite
5659	3448

I.E.

Ae	20 972	19 519
Arp	5 659	3 448
I.E.	3,71	5,66

Calcul épaule : I.E.

Ae	20 972	19 519
Arp	2 441	2 413
I.E.	8,59	8,09

Figure 4.1 : Situation Avant - Feuille de calcul OCRA

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

OCRA				OCRA				Tâche/s
A	B	C	D	A	B	C	D	C.F.
30	30		30	30	30		30	

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
1	0,92		0,76	0,83	0,90		0,79	Ff

A	B	C	D	A	B	C	D
0,50	0,75		1,43	1,10	0,84		1,32

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1			0,7		0,6		0,5	0,33

	A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Épaule	0,6	0,7		0,7	0,5	0,7		0,7	
Coude	0,7	1		0,7	0,6	1		1	
Poignet	0,7	1		1	0,7	1		0,7	
Main	0,6	0,7		0,7	0,33	0,33		0,7	
	0,6	0,7		0,7	0,33	0,33		0,7	Fp

A	B	C	D	A	B	C	D
10,7	6,7		4,0	12,0	4,0		4,0
6,0	1,3		5,3	10,0	1,3		0,0
4,0	0,0		0,0	4,0	2,0		4,7
8,0	4,7		5,3	20,0	16,3		7,3

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
0,95	0,95		0,95	0,95	0,95		0,95	Fc

Durée des tâches répétitives (minutes)

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
90	99		116	90	99		116	

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

1533	1816		1765	700	831		1816
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

5115	3348
------	------

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0	0,17

Fr

0,98

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480	304
Facteur	2		1,5		1		0,5		

Fd

1

5030	3292
------	------

I.E.

Ae	11 734	17 548
Arp	5 030	3 292
I.E.	2,33	5,33

Calcul épaule : I.E.

Ae	11 734	17 548
Arp	2 515	2 282
I.E.	4,67	7,69

Figure 4.2 : Situation Après 2 - Feuille de calcul OCRA

4.2.2 QEC

Les données d'exposition obtenues par la méthode QEC concernent principalement les indices par site corporel pour chaque tâche et les indices uniques par tâche. Les indices QEC calculés par site corporel (Tableau 4.12) permettent de voir quelles sections du corps sont les plus à risques, la signification des couleurs et textures étant explicitée au Tableau 3.4 et au Tableau 3.5. Ainsi, lors de la situation *Avant*, les parties du corps les plus à risques (risques très élevés – rouge uniforme) sont le dos et la région épaule/bras, pour la tâche A la région épaule/bras et pour la tâche B le dos et la région épaule/bras. D'autres parties du corps sont tout de même à risques élevés (treillis orange) : le dos, la région épaule/bras et le cou. Pour la tâche A, c'est principalement le dos qui est à risques, pour la tâche C le dos, la région épaule/bras et le cou et finalement pour la tâche D le dos et le cou. Maintenant, lors de la situation *Après 1*, la seule tâche à risques très élevés est la tâche A au niveau de la région épaule/bras. Cependant, pour cette situation, d'autres régions du corps présentent un risque élevé soit le dos, la région épaule/bras, la région poignet/main et le cou. Pour la tâche A, le dos et la région poignet/main sont les plus visés alors que, pour les tâches B et D, ce sont la région épaule/bras et le cou. Finalement, lors de la situation *Après 2*, il ne reste que la région épaule/bras et le cou qui sont dans la zone à risques élevés et ce, pour la tâche B au niveau de la région épaule/bras et du cou et pour la tâche D au niveau du cou.

Les changements de zone de risques montrent qu'il y a eu une amélioration générale entre les trois situations, car il ne reste plus aucune région du corps dans une zone de risques très élevés. Cependant, le niveau d'exposition de certaines parties du corps peut avoir changé et ce, sans nécessairement occasionner un changement de zone de risques. Tout d'abord entre les situations *Avant* et *Après 2* (Tableau 4.12), le niveau d'exposition, pour la tâche A, a diminué pour toutes les régions corporelles sauf pour la région du cou qui a augmenté en restant tout de même à un niveau modéré (quadrillage jaune). Des améliorations ont aussi eu lieu au niveau de la conduite de véhicule, les travailleurs n'ayant plus à conduire de véhicule, et au niveau du stress

engendré par le travail. Ainsi la baisse de l'exposition du dos, de la région épaule/bras et de la région poignet/main a influencé à la hausse l'exposition au niveau du cou. Pour la tâche B, l'exposition au niveau du cou et de la région épaule/bras a diminué tout comme la conduite de véhicule, le rythme de travail et le stress. L'exposition au niveau du cou a cependant augmenté, montrant possiblement un transfert de niveau d'exposition entre les régions du dos et épaule/bras et la région du cou. Finalement pour la tâche D, l'exposition au niveau du dos, de la région épaule/bras et du cou a diminué lorsque celle au niveau de la région poignet/main a augmenté, la baisse d'exposition au dos, à la région épaule/bras et au cou ayant été transférée au niveau la région poignet/main. L'évaluation globale de cette tâche n'a donc pratiquement pas changé (Tableau 4.13), en raison des transferts d'exposition à d'autres membres. La présence de vibrations, le rythme de travail et le niveau de stress ont eux aussi augmenté. Certains transferts de niveaux d'exposition ont aussi eu lieu entre les situations *Avant* et *Après 1*. Ces transferts ont eu lieu aux tâches A, B et D, la tâche A voyant la baisse d'exposition du dos transférée à la région poignet/main et au cou, la tâche B voyant la baisse d'exposition du dos et de la région épaule/bras transférée à la région du cou et la tâche D voyant la baisse d'exposition au niveau du dos transférée à la région épaule/bras et à la région poignet/main.

Tableau 4.12 : Résultats moyens par site corporel des travailleurs observés pour le QEC

	<i>Avant</i>				<i>Après 1</i>				<i>Après 2</i>				Augmentation et diminution							
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	AV/AP1				AV/AP2			
Tâches													A	B	C	D	A	B	C	D
Dos													↓	↓	↓	↓	↓	↓		↓
Épaule/Bras													–	↓	↓	↑	↓	↓		↓
Poignet/Main													↑	–	↓	↑	↓	–		↑
Cou													↑	↑	–	–	↑	↑		↓
Conduite													↓	↓	–	–	↓	↓		–
Vibration													–	–	↓	↑	–	–		↑
Rythme de travail													↑	↑	↑	↑	–	↓		↑
Stress													↓	↓	↓	↑	↓	↓		↑

↑ Augmentation de l'indice

↓ Diminution de l'indice

– Stabilité de l'indice

Tableau 4.13 : Résultats moyens généraux du QEC

	<i>Avant</i>				<i>Après 1</i>				<i>Après 2</i>			
Tâches	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
E (%)			61 ± 1	56		60 ± 6	48 ± 9	58 ± 2	46 ± 3	60 ± 3		52 ± 5

Moyenne ± écart-type

Les indices uniques par tâches, présentés au Tableau 4.13, indiquent globalement qu'entre les situations *Avant* et *Après 2* l'exposition des tâches A, B et C a respectivement diminué de 34,3 %, de 14,3 % et de 7,1 %. Cependant, comme le montre le Tableau 4.14, il est seulement possible de mentionner pour la tâche A que la différence entre ces deux situations est significative. Plus spécifiquement, le Tableau 4.13 montre que les tâches A et B, dans la situation *Avant*, et que la tâche A, dans la situation *Après 1*, étaient les plus problématiques. En effet, ces situations se trouvent dans la zone rouge de niveau d'action, soit celle indiquant la recherche des causes et la nécessité d'une action rapide. Ce tableau montre aussi que les tâches C et D, pour la situation *Avant*, les tâches B et D, pour les situations *Après 1* et *Après 2*, sont aussi problématiques, mais un peu moins que les tâches précédentes, car elles se trouvent dans la zone jaune et rouge de niveau d'action demandant de rechercher les causes et de faire des modifications rapidement.

Tableau 4.14 : Comparaison des indices généraux QEC entre les situations *Avant* et *Après 2* (anova)

	Tâche A	Tâche B	Tâche C	Tâche D
p > F	0,0035	0,4643*		Non-concluant **

* Variances non-égales, test Welch anova

** Impossible de conclure, car dans la situation *Avant*, une seule valeur est disponible

4.2.3 4D Watbak

Le logiciel 4D Watbak, utilisé pour l'analyse des contraintes au niveau du dos, donne trois types de données : le LBPR (« Low Back Pain Reporting ») des charges maximales et celui des charges cumulées et le LBPRI. L'évolution de ces indices, présentée au Tableau 4.15, montre les améliorations qui ont eu lieu ou non. Tout d'abord, plus de la

moitié des sept indices LBPR ont diminué entre la situation *Avant* et *Après 2*. En effet, le LBPR des charges maximales au niveau de la main a diminué de 27,5 % entre ces deux situations, tout comme le LBPR des charges maximales au niveau du moment L4-L5 qui a diminué de 13,5 %, le LBPR des charges maximales au niveau de la compression L4-L5 qui a diminué de 20,5 % et le LBPR des charges cumulatives au niveau de la compression L4-L5 qui a diminué de 9,1 %. Contrairement aux autres indices LBPR celui des charges maximales au niveau du cisaillement a pour sa part augmenté de 25 %, montrant donc une détérioration. Les indices LBPRI, qui sont des indices globaux, montrent, pour leur part, une amélioration entre la situation *Avant* et *Après 2* par une diminution 13,5 % de l'indice.

Tableau 4.15 : Risque relatif moyen de blessures au niveau du bas du dos

	Situation <i>Avant</i>	Situation <i>Après 1</i>	Situation <i>Après 2</i>
LBPRI	0,37 ± 0,10	0,39 ± 0,05	0,32 ± 0,06
LBPR	Charge maximale – Main	0,51 ± 0,00	0,50 ± 0,00
	Charge maximale – Moment L4-L5	0,37 ± 0,03	0,38 ± 0,03
	Charge maximale – Compression L4-L5	0,39 ± 0,03	0,39 ± 0,03
	Charge maximale – Cisaillement L4-L5	0,24 ± 0,10	0,31 ± 0,10
	Charge cumulative – Moment L4-L5	0,46 ± 0,03	0,44 ± 0,03
	Charge cumulative – Compression L4-L5	0,44 ± 0,03	0,40 ± 0,05
	Charge cumulative – Cisaillement L4-L5	0,38 ± 0,05	0,37 ± 0,02

Moyenne ± écart-type

En plus de vérifier la différence relative entre les résultats obtenus, des analyses statistiques ont été effectuées pour voir si une différence significative existait entre les résultats obtenus aux différentes situations. Ainsi pour le LBPRI, la différence entre l'exposition aux situations *Avant* et *Après 2* n'est pas significative ($p = 0,4523$, anova). Pour ce qui est des indices LBP des charges maximales, seul celui touchant la compression et possiblement celui des moments peuvent être considérés comme significativement différents entre les situations *Avant* et *Après 2* (Tableau 4.16). En effet, comme la présente étude a été effectuée avec de petits échantillons, une probabilité légèrement supérieure à 0,05 peut être encore considérée comme

raisonnable pour déterminer que les résultats sont significatifs. Pour ce qui est des indices LBP des charges cumulatives, aucun des trois indices n'a varié de façon significative entre les situations *Avant* et *Après 2* (Tableau 4.17).

Tableau 4.16 : Comparaison des indices LBPR des charges maximales (4D Watbak) entre les situations *Avant* et *Après 2* (anova)

	Charge max – main	Charge max – moment	Charge max – compression	Charge max – cisaillement
p > F	Non-concluant *	0,0831	0,0177	0,3712

* Non-concluant, car les deux situations ont des valeurs par travailleur égales à la moyenne

Tableau 4.17 : Comparaison des indices LBPR des charges cumulatives (4D Watbak) entre les situations *Avant* et *Après 2* (anova)

	Charge cumulative – moment	Charge cumulative – compression	Charge cumulative – cisaillement
p > F	0,7833	0,4112	0,8474

4.3 Comparaison des niveaux d'exposition des différentes méthodes

Une comparaison des niveaux d'exposition aux TMS trouvés par les différentes méthodes est effectuée en regardant tout d'abord les résultats de la méthode OCRA par rapport à ceux de la méthode QEC. Ensuite les résultats obtenus avec la méthode QEC sont comparés à ceux obtenus avec le logiciel 4D Watbak.

4.3.1 OCRA versus QEC

Pour comparer les résultats des méthodes OCRA et QEC, les indices OCRA sont comparés aux différents indices QEC particuliers aux membres supérieurs et aux indices uniques obtenus à l'aide de cette méthode. Globalement, l'indice OCRA a diminué de 5,8 % entre les situations *Avant* et *Après 2*, lorsque les indices particuliers du QEC pour les régions épaule/bras et poignet/main ont diminué respectivement de 20,8 % et 4,3 %. De plus, ces trois indices, présentés au Tableau 4.18, montrent une légère

augmentation lors de la situation Après 1. Au niveau des résultats obtenus par les indices globaux des deux méthodes, l'indice OCRA voit une diminution de 5,8 % lorsque celui du QEC diminue de 14,3 %. De plus, comme dans la comparaison précédente, il est possible de remarquer une faible augmentation des indices entre les situations *Avant* et *Après 1*. La comparaison des résultats obtenus avec les différentes méthodes, à l'aide d'analyses statistiques à variables multiples (corrélations « pairwise » et Spearman's Rho), montre qu'entre l'indice OCRA et l'indice QEC de la région poignet/main, et entre l'indice OCRA et l'indice général QEC une certaine corrélation existe, respectivement 0,8066 et 0,6239, la corrélation étant plus grande entre l'indice OCRA et l'indice QEC de la région poignet/main.

Tableau 4.18 : Résultats inter-méthodes : entre OCRA et QEC

		Situation <i>Avant</i>	Situation <i>Après 1</i>	Situation <i>Après 2</i>
OCRA – Indice général				
QEC	Épaule/Bras			
	Poignet/Main	30	32	28,7
	Indice général moyen			

4.3.2 QEC versus 4D Watbak

Pour comparer les résultats de la méthode QEC à ceux obtenus à l'aide du logiciel 4D Watbak, les indices QEC, dos et général moyen, sont comparés aux LBPRI de 4D Watbak. Globalement, l'indice QEC au niveau du dos a diminué de 33,4 % entre les situations *Avant* et *Après 2*, lorsque le LBPRI (4D Watbak) a diminué de seulement 13,5 %. De plus, ces indices, présentés au Tableau 4.19, montrent une évolution contraire à la situation *Après 1*, l'indice QEC montrant une diminution et le LBPRI montrant une faible augmentation. Au niveau de la comparaison de l'indice unique du QEC par rapport au LBPRI de 4D Watbak, il est possible de remarquer que les deux indices diminuent respectivement de 14,3 % et de 13,5 % entre les situations *Avant* et *Après 2*. Les résultats de ces deux indices semblent donc comparables entre ces deux situations. De plus, ces deux derniers indices montrent une légère augmentation à la situation *Après 1*. Cependant la comparaison des résultats obtenus avec les différentes

méthodes, à l'aide d'analyses statistiques à variables multiples (corrélations « pairwise » et Spearman's Rho), montre qu'il est impossible de se prononcer quant à la corrélation entre les différents indices car les niveaux de corrélation trouvés ne sont pas significatifs.

Tableau 4.19 : Résultats inter-méthodes : entre QEC et 4D Watbak

		Situation <i>Avant</i>	Situation <i>Après 1</i>	Situation <i>Après 2</i>
QEC	Résultat moyen du dos		35,5	27,3
	Indice général moyen			60
LBPRI moyen – 4D Watbak		0,37	0,39	0,32

4.4 Autres données recueillies

Plusieurs autres données ont été recueillies. Elles touchent le temps d'application des méthodes, les observations non systématiques, les commentaires des travailleurs et la mise en place d'une formation.

4.4.1 Temps d'application des méthodes : OCRA, QEC et 4D Watbak

Les temps d'application des différentes méthodes se séparent en deux grandes catégories : les temps de prises de données et de préparation et les temps de mise en application directe des méthodes OCRA et QEC et du logiciel 4D Watbak. Le Tableau 4.20 présente donc un sommaire des temps totaux d'application (pour tous les scieurs observés) nécessaires à l'application des différentes méthodes pour les situations *Après 1* et *Après 2*. Ainsi, le temps de prise de données et de préparation à l'utilisation des méthodes demande tout près de la moitié du temps d'application direct de la méthode OCRA dans le cas de la situation *Après 2*. Cet écart est d'ailleurs plus important dans le cas de la situation *Après 1*. Il est aussi possible de remarquer que la méthode qui est la plus rapide à utiliser, aux deux situations, est la méthode QEC. Cette méthode est d'ailleurs respectivement 9,6 et 12,8 fois plus rapide d'utilisation que

la méthode OCRA, pour les situations *Après 1* et *Après 2*, et respectivement 2,0 et 4,1 fois plus rapide d'utilisation que le logiciel 4D Watbak, pour ces mêmes situations. De plus, la méthode QEC est aussi la méthode la plus facile à utiliser, car elle demande un faible nombre d'étapes d'application, suivi par le logiciel 4D Watbak et la méthode OCRA.

Tableau 4.20 : Temps de préparation et d'application des trois méthodes utilisées

Tâche		Après 1		Après 2	
		Temps	Total	Temps	Total
Temps de prise de données et de préparation *		7 h 12	7 h 12	14 h 17	14 h 17
OCRA	1. Analyse de l'organisation du travail **	3 h 10	47 h 53	9 h 17	30 h 56
	2. Identification/Description des facteurs de risques pertinents	42 h 28		20 h 58	
	3. Évaluation de l'indice OCRA	1 h 30		0 h 10	
	Mise en page fichier - OCRA	0 h 45		0 h 31	
QEC		4 h 58	4 h 58	2 h 25	2 h 25
4D Watbak ***	1. Étude préliminaire	6 h 00	10 h 00	6 h 00	10 h 00
	2. Entrée de données	3 h 18		3 h 18	
	3. Vérification des résultats et retour sur les forces et posture	0 h 42		0 h 42	
Total			70 h 03		57 h 38

* Pour la situation Après 1, exclut les temps nécessaires à la prise de vidéos

** Pour la situation Après 1, exclut une partie des temps d'application

*** Temps approximatif

De façon plus détaillée, il est possible de remarquer dans le Tableau 4.21 que les principales étapes nécessaires à la prise de données et à la préparation sont la prise de données elle-même, la préparation à la prise de données et finalement le tri et le découpage des vidéos. Le temps total nécessaire avant de commencer l'analyse des données à l'aide des trois méthodes est donc de 14h17. L'étape de préparation qui demande le plus de temps est la prise de données, suivie par le découpage des vidéos. La méthode OCRA est pour sa part séparée en trois grandes étapes et la deuxième, l'identification/description des facteurs de risques, est celle demandant le plus de temps, les facteurs de risques les plus longs à analyser étant la force et la posture. Il est cependant important de mentionner que le temps nécessaire à l'analyse des postures et des mouvements pour la méthode OCRA comprend autant le temps nécessaire pour l'analyse à la main que celui pour l'analyse à l'aide du logiciel UMT. Ainsi en divisant en deux le temps nécessaire à l'analyse des postures et des mouvements, pour ne considérer que l'analyse faite à l'aide du logiciel, le temps total d'application de la méthode OCRA diminuerait de 9h44 pour la situation *Après 1* et de

4h39 pour la situation *Après 2*. Ainsi l'écart entre le temps d'application de la méthode OCRA et la méthode QEC est diminué, passant à 7,6 (situation *Après 1*) et 10,9 (situation *Après 2*) fois plus rapide pour la méthode QEC. De plus dans le cas de la situation *Après 1*, le temps nécessaire à l'identification de la distribution du travail et des pauses durant le quart de travail n'a pu être comptabilisé faisant donc augmenter l'écart entre les temps d'application des méthodes OCRA et QEC. Dans le cas de l'application de la méthode QEC, l'étape qui demande le plus de temps est l'évaluation des postures. Pour ce qui est de l'application du logiciel 4D Watbak, des trois grandes étapes détaillées, celle qui demande le plus de temps pour son application est l'étude préliminaire, étape 1. Cette étape est la plus longue, car elle détermine toutes les données qui devront être entrées à l'interface du logiciel. De plus, si l'application de la méthode OCRA n'avait pas été faite précédemment, certaines sous-étapes de l'étude préliminaire auraient pris un plus long temps d'application (détermination des cycles, activités et actions, détermination des temps pour chaque action et détermination des forces pour chaque action), car certaines données ont été directement déduites des données trouvées pour la méthode OCRA. Ainsi le temps d'application du logiciel 4D Watbak aurait probablement été environ trois fois plus grand. Le temps d'application du logiciel 4D Watbak serait donc de même ordre de grandeur que celui de la méthode OCRA. Finalement, le temps approximatif d'application des méthodes par travailleur permet de déterminer à quel point, dans la dernière situation, l'utilisation des méthodes a été plus rapide. Dans le cas de la méthode OCRA, si les données non-interprétées sont utilisées, il y a une différence de 7,7 % et si le temps non comptabilisé est ajouté, il n'y a aucune différence entre les deux situations. Dans le cas de la méthode QEC, il y a eu 18,6 % de différence entre les temps d'application des deux situations, la deuxième étant la plus rapide.

Tableau 4.21 : Détails des temps de prise de données et de préparation ainsi que d'application de deux des trois méthodes

Tâche		Après 1		Après 2	
		Temps	Total	Temps	Total
Temps de prise de données et de préparation avant d'utiliser les différents outils (5/3) *					
	Préparation prise de données	1 h 39	7 h 12	3 h 20	14 h 17
	Meeting scieurs	N/D		0 h 10	
	Prise de données ** ***	3 h 10		6 h 00	
	Coupure des vidéos	2 h 15		4 h 17	
	Autre	0 h 08		0 h 30	
OCRA (5/3)					
1	Identification de la distribution du travail et pauses durant le quart de travail	N/D	3 h 10	3 h 32	9 h 17
	Mesure de la durée des tâches répétitives et de chacun des cycles	3 h 10		5 h 45	
2	Répétitivité et fréquence	3 h 10	42 h 28	2 h 13	20 h 58
	Force	19 h 21		9 h 09	
	Posture et mouvements	19 h 28		9 h 18	
	Distribution du temps de récupération et durée	0 h 29		0 h 18	
3		1 h 30	1 h 30	0 h 10	0 h 10
Mise en page fichier - OCRA		0 h 45	0 h 45	0 h 31	0 h 31
Temps approximatif par travailleur observé			9 h 34		10 h 18
QEC **** (5/3)					
	Évaluation des postures	3 h 44	4 h 58	1 h 48	2 h 25
	Calcul des indices	1 h 14		0 h 37	
Temps approximatif par travailleur observé			0 h 59		0 h 48
4D Watbak (3/3)					
1	Visualisation des vidéos et capture des photos	3 h 00	6 h 00	3 h 00	6 h 00
	Détermination des cycles, activités, actions	0 h 30		0 h 30	
	Détermination des temps pour chaque action	1 h 30		1 h 30	
	Détermination des forces pour chaque action	1 h 00		1 h 00	
2	Information générales sur le travailleur	0 h 15	3 h 18	0 h 15	3 h 18
	Informations générales sur les tâches de travail	0 h 30		0 h 30	
	Postures	1 h 33		1 h 33	
	Force	1 h 00		1 h 00	
3		0 h 42	0 h 42	0 h 42	0 h 42
Temps approximatif par travailleur observé			3 h 20		3 h 20

N/D Information non disponible

* Nombre de travailleurs évalués à la situation Après 1/Après 2

** Inclut le temps pour les temps des prises de données pour les trois méthodes indifféremment

*** Pour la situation Après 1, n'inclut pas les temps de prise de vidéos

**** Division approximative des temps d'application

4.4.2 Observations non systématiques

Lors de la prise de données *Après 1*, des observations ont été réalisées pour faciliter la compréhension du déroulement de l'activité au poste de travail. Le Tableau 4.22 présente les principales observations liées à la production et le Tableau 4.23 celles qui concernent les problématiques d'ergonomie et de SST. Ces tableaux montrent donc le regroupement des observations selon différentes catégories, en indiquant entre

parenthèses le nombre d'observations reliées à ces catégories. Le nombre indiqué entre parenthèses peut cependant être différent de la quantité d'observations indiquées. Ceci est dû au fait que certaines observations pouvaient être résumées sous plusieurs descriptions d'observations et que, dans d'autres cas, plusieurs observations s'entrecoupaient. Ainsi, les observations qui ont été faites ont permis de remarquer certains éléments qui ne sont pas nécessairement mis en évidence par les méthodes utilisées. Entre autres, des observations faites en lien avec la production (Tableau 4.22), il ressort que le rythme de travail que les travailleurs doivent adopter diffère selon la tâche qu'ils effectuent. De plus, lorsqu'un des travailleurs part du poste de travail pour aller en pause, les autres travailleurs doivent effectuer la tâche de la personne absente. L'assignation des tâches ne varie donc pas seulement en fonction des rotations effectuées à intervalles réguliers, mais aussi en fonction du nombre de travailleurs qui sont présents au poste de travail. Ces différentes observations liées à la production apportent donc un complément d'information aux données déjà recueillies avec les différentes méthodes utilisées pour analyser les risques de TMS.

Tableau 4.22 : Observations liées à la production faites au poste de travail

	Observations
Rythme de travail (6)	<ul style="list-style-type: none"> • Prend un certain temps pour remplir le chariot, mais un temps beaucoup plus court pour le vider. • Différent selon les tâches : à la tâche B travaille en tout temps, à la tâche C va au rythme de la personne à la tâche D, et à la tâche D va au rythme de la multi-scie. • Difficulté à suivre la cadence, lorsqu'à trois personnes, car la personne à la tâche C doit aussi aider à la tâche A. • Il y a une différence entre la cadence de travail réelle, normale et celle voulue.
Organisation du travail (3)	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion du temps : le chariot élévateur prend du temps à arriver et les travailleurs doivent marcher avec les blocs dans les mains. • Gestion du personnel <ul style="list-style-type: none"> → Selon l'équipe, les travailleurs s'entraident dans le partage des tâches. → Lorsqu'il y a trois travailleurs, la seule tâche qui n'est pas remplacée ou qui n'alterne pas est à la tâche B.
Équipement et matière première (9)	<ul style="list-style-type: none"> • Inconstance des dimensions de la matière première entraînant de nouveaux ajustements. Ces différences sont autant inter-fournisseur que inter-lot de production chez un même fournisseur. • Vide dans la production dû au nettoyage, manque d'avance et ajustement des scies. Pour éviter cela, les travailleurs passent les tranches. • Déplacement des scies dû aux vibrations et à la méthode de travail.

Pour ce qui est des observations liées à l'ergonomie et à la SST du poste de travail, il ressort que ce ne sont pas tous les travailleurs qui effectuent un cadenassage pour des tâches similaires. De plus, l'utilisation de la table élévatrice ne semble pas toujours efficace, surtout lorsque celle-ci ne veut pas pivoter ou lorsque les blocs sont trop élevés. La posture des travailleurs est donc affectée par ce mauvais fonctionnement de la table élévatrice. Certaines observations sont aussi en lien avec des évaluations faites par les méthodes, comme par exemple le fait que les travailleurs aient en tout temps leur couteau à la main pour les deux premières tâches qui est en plus présenté ici. Ceci a donc été observé autant ici que pris en compte par la méthode OCRA et QEC.

Tableau 4.23 : Observations liées à l'ergonomie et à la SST faites au poste de travail

	Observations
Sécurité (6)	<ul style="list-style-type: none"> • Couteau <ul style="list-style-type: none"> → Pour les deux premières tâches, il est en tout temps à la main. → Risques de bris en décollant les blocs. • Cadenassage <ul style="list-style-type: none"> → Ajustement du guide sans cadenassage, car la production continue. → Ce n'est pas tous les travailleurs qui cadenassent pour une même manœuvre. • Déplacement dans une zone à risques, c'est-à-dire sous un convoyeur.
Contraintes matérielles (5)	<ul style="list-style-type: none"> • Table élévatrice difficile à faire pivoter, ce qui implique de déplacer manuellement des blocs • Changement de palette <ul style="list-style-type: none"> → Pour la dernière rangée de la palette les travailleurs doivent soulever 3 blocs à la fois. → Le chariot élévateur prend du temps à arriver et les travailleurs doivent marcher avec les blocs dans les mains. → La table élévatrice est trop élevée pour déballer la première rangée.
Rotation (4)	<ul style="list-style-type: none"> • De jour : aux 1,5 à 2 heures et selon l'ordre des tâches. • De soir : à chaque heure et en croisé (scieur vers déballeur)
Mouvements (2)	<ul style="list-style-type: none"> • Contraintes pour glisser les blocs, car il faut mettre 2 blocs de haut. • Sens des blocs sur la palette influence le nombre de mouvements pour les déballer.
Contraintes de temps (2)	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de temps à trois personnes : jusqu'à 6 heures par jour et ce même si 4 travailleurs devaient être au poste de travail.
Hygiène (2)	<ul style="list-style-type: none"> • Éviter le contact bois/blocs emballés pour éliminer les risques de contamination du produit. • Lubrification des rails du poussoir à la tâche D avec de l'huile végétale pour favoriser le glissement du plateau de la scie

4.4.3 Commentaires des travailleurs

Les commentaires des travailleurs, pris lors d'une rencontre du comité des scieurs, ont permis entre autres de vérifier la validité des observations recueillies. Le Tableau 4.24 résume les principaux commentaires touchant la production et le Tableau 4.25 ceux concernant les problématiques d'ergonomie ainsi que divers autres sujets d'intérêt. De plus, le nombre de commentaires émis pour chacune des catégories est indiqué entre parenthèses.

Ainsi, des commentaires en lien avec la production, il ressort que les scieurs sont conscients des effets que leur travail peut avoir sur leur santé et leur sécurité, car certains ont mentionné que de travailler à une plus grande vitesse amenait un plus grand risque de blessures. Ce risque de blessures est dû, selon eux, à l'usage d'objets tranchants comme le couteau que les travailleurs utilisent pour les deux premières tâches et la lame des scies des deux dernières tâches. De plus, certains commentaires amènent un complément d'information sur les conditions de travail, comme par exemple le fait que certains superviseurs et les travailleurs du reste de la ligne de production mettent de la pression sur les scieurs lors d'un manque de poisson sur la ligne, même si ceci est dû à un bris, de lame par exemple. Cette pression mise sur les épaules des scieurs n'est cependant pas justifiée, car une quantité tampon de produit est prévue dans l'objectif de production. Dans la gestion du personnel, la qualification des personnes qui remplacent les personnes en pause semble aussi avoir un effet sur le travail des scieurs présents au poste de travail. Certains trucs du métier ont aussi été mis en évidence pour faciliter le travail comme par exemple de bien positionner la palette sur la table élévatrice pour en assurer le bon fonctionnement.

Tableau 4.24 : Commentaires des travailleurs en lien avec la production

	Commentaires
Cadence du travail (17)	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion du temps <ul style="list-style-type: none"> → Maintenant ils travaillent en continu lorsqu'avant ils travaillaient avec des fluctuations → Uniformisation de la gestion du temps sur toute la ligne de production, les scieurs travaillent avec accumulation et le reste de la ligne travaille lorsque ça passe. • Rythme de travail <ul style="list-style-type: none"> → Une plus grande vitesse de travail amène les risques de blessures. → Le niveau de stress et le rythme du travailleur à la tâche D est moins grand, car il suit le rythme de la multi-scie. → Le niveau de stress varie entre les individus, certains étant plus stressés. • Bris de lame <ul style="list-style-type: none"> → Prévention des bris en changeant les lames à chaque quart de travail. → Perte d'un travailleur pour une des tâches lors des bris de lames. → Met de la pression sur le système et aide à trouver les problèmes comme l'absentéisme • Manque de poisson et avance <ul style="list-style-type: none"> → Les superviseurs et les travailleurs sur le reste de la ligne de production doivent accepter le manque de poisson, dû au temps d'ajustement et de changement de lame, attribuable au manque d'avance. • Le manque de poisson est prévu dans l'objectif de production.
Organisation du travail (16)	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion du personnel <ul style="list-style-type: none"> → Les travailleurs flottants remplacent partout sauf les scieurs. → Les scieurs ne sont jamais remplacés. → Certains scieurs remplacent à d'autres postes de travail. → À l'occasion, il y a présence de travailleur non-qualifié qui peut seulement déballer les blocs, ce qui rend les choses difficiles aux scieurs. → Le nombre de scieurs par semaine devrait être constant. → Le nombre minimal de scieurs présents au poste de travail est influencé par la présence des pauses • Esprit d'équipe : selon les équipes, c'est l'harmonie et l'entraide, pour d'autres c'est le contraire. • Gestion du temps et distribution des tâches <ul style="list-style-type: none"> → La personne à la tâche D reste toujours en place et ne va pas remplacer aux autres tâches. → Certains scieurs sont stressés face à la diminution du nombre de blocs sur la table et stressent les autres membres de leur équipe. → En cas de bris, personne ne peut aller pour réparer, car cela occasionnera un arrêt de la ligne de production. • Il faudrait prendre de l'avance avant les pauses, mais cela demande un rythme de travail trop élevé et cela pourrait occasionner des blessures.

Tableau 4.24 : Commentaires des travailleurs en lien avec la production (suite)

	Commentaires
Équipement et matière première (8)	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de l'équipement <ul style="list-style-type: none"> → Nombre de chariots de tranches différent selon le quart de travail. • Il y a inconstance de la matière première selon le fournisseur et selon le lot. • Ajustement <ul style="list-style-type: none"> → Les scies ne gardent pas l'épaisseur de tranche ou de bloc. → La méthode de coupe amène des désajustements et les ajustements doivent être effectués par les mécaniciens. • Qualité de l'équipement <ul style="list-style-type: none"> → Les nouvelles tables sont moins bruyantes et plus dures que les anciennes. → La première table est un peu trop courte pour facilement déballer la troisième colonne de blocs. → Le bon fonctionnement de la table élévatrice dépend du positionnement de la palette.

Pour ce qui est des commentaires des travailleurs face à l'ergonomie (Tableau 4.25), il semble que certains de leurs commentaires aient amené certains changements observés à la situation *Après 2*. En effet, les travailleurs avaient soulevé le fait qu'il serait préférable de ne plus avoir à utiliser de plateforme lors de la coupe à la deuxième scie et aussi de modifier la méthode de production pour enlever l'utilisation d'une des scies. Ces deux modifications font d'ailleurs partie des modifications implantées à la situation *Après 2*.

Tableau 4.25 : Commentaires des travailleurs en lien avec l'ergonomie

	Commentaires
Sécurité et cadenassage (2)	<ul style="list-style-type: none"> • Les mécaniciens devraient mettre leur propre cadenas au lieu de demander aux scieurs de le faire.
Contraintes matérielles (7)	<ul style="list-style-type: none"> • Hauteur de travail <ul style="list-style-type: none"> → Voir si possible de diminuer la hauteur de la deuxième scie pour éliminer la plateforme. → La hauteur des tables satisfait les travailleurs. → Les tables sont ajustables, mais les scieurs ne prennent pas le temps de le faire. → Il faudrait modifier la méthode de production pour enlever l'utilisation de deux tranches.
Mouvements (9)	<ul style="list-style-type: none"> • Dépose les blocs à bout de bras au bout de la table. • Poids soulevé et nombre de mouvements <ul style="list-style-type: none"> → Soulever un bloc à la fois amène un plus grand nombre de mouvements. → Commentaire positif au glissement des blocs. → Moyens de décoller les blocs : soulever 3 blocs à la fois, en laissant tomber un bloc ou au couteau. • Les mouvements sont plus rectilignes à la tâche C.

Tableau 4.25 : Commentaires des travailleurs en lien avec l'ergonomie (suite)

	Commentaires
Contraintes de temps (6)	<ul style="list-style-type: none"> • Le niveau de stress augmente lorsqu'il y a seulement trois travailleurs au poste de travail et que les tables se vident. • Gestion du temps <ul style="list-style-type: none"> → Entraide pour compléter les tâches lorsqu'il y a trois travailleurs → Aider les autres travailleurs amène de la variation dans les tâches. → À quatre travailleurs : chacun a sa tâche, à trois travailleurs : deux des travailleurs ont une tâche et demi.
Malaises physiques (5)	<ul style="list-style-type: none"> • Niveau de stress augmente lorsque le nombre de blocs par table diminue. • Douleurs à des membres comme l'épaule, la hanche, le coude ou le dos.
Autres (2)	<ul style="list-style-type: none"> • Les travailleurs du comité ne croient plus aux modifications de la méthode. • Ne dois pas venir à reculons au travail

D'autres commentaires ne touchant pas directement la production ou l'ergonomie ont aussi été recueillis lors de la rencontre avec le comité des scieurs. Dans le Tableau 4.26, les questions abordées, ainsi que les réponses des travailleurs ou des autres intervenants, sont résumées. Il demeure cependant important de noter que les questions et les réponses sont un résumé fidèle de ce qui a été discuté, certaines réponses ou questions peuvent donc paraître hors propos. De ce tableau, il ressort que certains travailleurs craignent les impacts des modifications à leur poste de travail. Ils craignent entre autres que ces modifications aient pour but de couper des emplois, ce qui a d'ailleurs été démenti par la direction. De plus, les travailleurs du comité des scieurs semblent satisfaits des modifications, sans toutefois être favorables à une autre diminution du nombre de blocs par table. Les autres travailleurs, ceux qui ne sont pas sur le comité, ne semblent cependant pas tous en accord avec la diminution du nombre de blocs par table à six blocs, deux blocs de haut, car ils ont augmenté, temporairement, le nombre de blocs par table. Aussi la direction réconforte les scieurs du comité en leur mentionnant qu'ils n'auront pas de rôle de dénonciateur ou de police s'ils deviennent des formateurs.

Tableau 4.26 : Questions posées aux travailleurs lors d'une réunion du comité des scieurs

Question	Commentaires
Qu'est ce que les scieurs pensent du comité ?	
	<ul style="list-style-type: none"> • Les autres scieurs pensent qu'un bloc par table n'a pas d'allure, que deux blocs par table, ce n'est pas mieux. L'idéal est d'avoir douze blocs par table (3X4). • Tous les scieurs de soir se demandent pourquoi descendre à un bloc par table. • Ils se demandent si la direction ne voudrait pas couper des emplois. • En mettant quatre blocs de haut, il n'y a pas d'impact sur la production, donc pourquoi diminuer ? • En passant, nous ne parlons pas encore de un bloc par table mais plutôt de soulever un bloc à la fois. • Pour l'instant, les scieurs sont contents des changements actuels. • Travailler à un bloc : Lorsque nous l'avons essayé, nous étions une équipe pas trop stressée. Mais l'équipe qui était sur l'autre ligne, elle n'était pas favorable. • Commentaire de plusieurs scieurs : Je vais être honnête, si nous allons à un bloc par table, je donne ma démission et il risque d'en avoir plusieurs autres.
Quelle est la crédibilité du comité, car des scieurs du comité vont devenir des formateurs ?	
	<ul style="list-style-type: none"> • Lorsque nous mettions six blocs par table, ce n'est pas nous (les scieurs du comité) qui avons décidé de mettre douze blocs par table. C'est les autres scieurs que ça dérangeait. • La direction veut au moins un formateur par quart de travail. • Le formateur n'aura pas un rôle de police.
Quel est le but des modifications ?	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Des risques ergonomiques ont été identifiés par un inspecteur de la CSST. 2. Les scieurs des différents quarts de travail ne travaillent pas tous de la même façon, il y a donc place à uniformisation. 3. C'est le poste où il y a le plus d'événements. Nous sommes chanceux qu'il n'y ait jamais eu d'accident de grave. (SST) 4. Tant qu'à faire des modifications, aussi bien regarder l'amélioration continue. 5. L'objectif ultime est d'avoir une formation à tous les scieurs pour que tous travaillent avec la même méthode. Le but n'est pas de couper des jobs.

4.4.4 Mise en place d'une formation

Une formation a été mise en place au sein de l'entreprise pour uniformiser les méthodes de travail utilisées et amener les scieurs à un niveau de connaissances comparables. Les résultats touchant la mise en place de cette formation touchent le processus d'élaboration du manuel de formation. Ce processus a fait l'objet de trois grandes catégories d'observables : le déroulement du processus lui-même, l'implication de l'auteur de ce mémoire et l'intégration des problématiques d'ergonomie et de SST

dans le manuel. En ce qui concerne le déroulement du processus lui-même, un consultant externe à l'entreprise a été chargé de l'élaboration du manuel de formation. Le processus d'élaboration comportait plusieurs étapes : l'établissement du profil de compétences du scieur, l'élaboration et l'écriture du manuel de formation, la révision du contenu du manuel de formation et la formation des formateurs. Toutes les étapes de l'élaboration du manuel ont été réalisées en collaboration avec deux travailleurs du poste de travail (scieurs d'expérience). Ainsi la méthode adoptée par le consultant pour élaborer le manuel a été d'établir les tables des matières des différents chapitres du manuel. Les différentes méthodes utilisées au poste de travail ont donc été mises en revue, chacune de ces méthodes étant détaillée dans un chapitre unique. Les principales sections des chapitres étaient : la description des différentes parties, les modes opératoires et la résolution de problèmes. En partant de ces grands titres, chaque chapitre a été séparé en sous-sections, chaque niveau ayant une couleur distincte. Une fois les grands titres établis, la rédaction proprement dite a commencé. Le consultant posait des questions et rédigeait au fur et à mesure les différentes sections. De plus, des notes étaient prises à propos des photos ou dessins nécessaires. Lorsque le consultant n'était pas à l'entreprise, les deux travailleurs pouvaient donc prendre les photos nécessaires et poser des questions aux autres travailleurs pour valider les informations indiquées dans le manuel. Les deux travailleurs sont aussi allés consulter leurs collègues pour connaître tous les problèmes inhérents à chacun des équipements et les moyens qu'ils ont pour résoudre ces problèmes. Ceci a donc permis de prendre en compte les connaissances des autres travailleurs dans l'élaboration de la section résolution de problèmes. Ce processus a donc été répété pour chacun des chapitres. De plus, au fur et à mesure de l'écriture, pour faciliter la compréhension, des noms uniques ont été donnés pour désigner les parties des machines et les produits. Les travailleurs utilisant des termes français et anglais en alternance, des termes uniques en français ont été établis. Un chapitre du manuel étant complété, des vérifications étaient faites avec les deux travailleurs pour en vérifier la validité. Finalement, une version complète du manuel terminée a été validée en comité par les membres du comité des scieurs et par des membres de la direction comme des

membres de la qualité, des projets et de l'entretien et de la production. Cette rencontre a donné lieu à des corrections dans les différents domaines de spécialité des intervenants comme la qualité et la santé-sécurité.

L'auteure de ce mémoire a participé à l'élaboration et l'écriture du manuel de formation et à sa révision, à la fois en tant qu'observatrice et collaboratrice sur le traitement des problématiques en ergonomie. Son implication a été déterminée par la sollicitation du consultant et des travailleurs et, comme il est possible d'observer au Tableau 4.27, elle s'est située surtout au niveau de la mise en évidence d'éléments de sécurité non mentionnés par les autres intervenants, par le soutien à l'élaboration d'une méthode de travail sécuritaire et en suggérant des recommandations face à la sécurité des travailleurs.

Tableau 4.27 : Implication de l'auteure de ce mémoire dans la mise en place du manuel de formation

Étapes	Implication	Exemples
Élaboration du manuel de formation	Mise en évidence des éléments de sécurité non mentionnés par le consultant ou les travailleurs	Rappelle qu'il faut soulever un seul bloc à la fois et non trois comme par le passé.
		Rappelle que pour une certaine production sans tranche, les travailleurs devraient utiliser un autre bloc pour faire la dernière coupe plutôt que d'y aller avec leurs mains.
		Pour une production occasionnant une plus grande fatigue des membres supérieurs, fait ajouter une mention que la rotation des postes de travail est très importante ainsi que la méthode de travail utilisée.
	Soutien à l'élaboration d'une méthode de travail sécuritaire	Participe à l'élaboration d'une méthode de travail moins contraignante pour les membres supérieurs et ce, pour une production spécifique sur l'autre ligne de production.
Validation du manuel de formation	Recommandations visant la sécurité	Lorsque la palette est mise sur la table élévatrice, la première rangée est déjà déballée, les travailleurs devraient donc s'éloigner le plus possible pour éviter que des blocs glissent et les blessent.

L'intégration des problématiques d'ergonomie et de SST dans le manuel s'est faite à l'aide des connaissances des travailleurs, à l'aide des outils de SST déjà en place dans l'entreprise et par l'implication de l'auteure de ce mémoire. Les exemples montrés précédemment, qui ont été soulevés par l'auteure de ce mémoire, ont donc été pris en

considération dans la rédaction du manuel. En plus de cela, dans la description de certaines tâches de travail reliées à des productions particulières, des règles de sécurité et manipulations plus ergonomiques ont été discutées pour être intégrées au manuel. Un exemple est l'utilisation d'un autre bloc pour la dernière coupe des productions sans tranches qui a été notée pour éviter que les travailleurs risquent de se blesser sur la lame de la scie, car cette dernière coupe passe sur le côté du bloc. Un autre exemple est l'élaboration de pistes de méthodes de travail plus ergonomiques pour une production particulière possiblement amenée à disparaître suite à l'élaboration du manuel. La tâche de travail nécessitait de faire une coupe manuelle à angle du bloc de poisson. Certains trucs des scieurs pour éviter la fatigue excessive des membres supérieurs ont donc été discutés, mais le principal point qui a été soulevé est que pour cette tâche particulière, les travailleurs devaient faire des rotations des tâches de travail plus régulièrement et à des intervalles plus courts afin de pouvoir récupérer de l'effort que cette tâche leur demandait. Il est cependant important de noter que les normes de sécurité et d'hygiène déjà en place dans l'entreprise ont été annexées au manuel de formation. Ce fut d'ailleurs le cas du programme d'hygiène personnelle générale, des éléments d'hygiène, de salubrité et de qualité du poste de travail et des procédures de cadenassage des différents équipements. Les règles de SST déjà en place dans l'entreprise sont donc une partie intégrante au manuel de formation.

4.5 Synthèse des principaux résultats

Les différentes modifications qui ont eu lieu au poste de travail ont amené un changement dans l'exposition des travailleurs aux TMS. Les différentes méthodes utilisées, OCRA, QEC et 4D Watbak, ont donc montré une diminution de leurs indices et donc une diminution de l'exposition aux facteurs de risques causant les TMS. Ainsi, l'indice d'exposition OCRA a diminué de 37,2 % pour le côté gauche et de 5,8 % pour le côté droit entre les situation *Avant* et *Après 2*. Entre ces deux mêmes situations, l'indice général QEC a eu une diminution de 34,3 % pour la tâche A, de 14,3 % pour la tâche B et de 7,1 % pour la tâche D. Pour les indices par parties du corps du QEC,

suite aux dernières modifications, situation *Après 2*, seuls les régions épaule/bras et le cou présentaient encore une exposition élevée pour certaines tâches de travail en particulier. Pour ce qui est des résultats obtenus à l'aide du logiciel 4D Watbak, le LBPRI a diminué de 13,5 % entre les situations *Avant* et *Après 2* et l'indice LBPR des charges maximales en cisaillement est le seul à avoir augmenté, montrant donc une dégradation de l'exposition pour ce cas. La comparaison des méthodes entre elles, par paire, a permis de mettre en évidence les différences dans l'évaluation des risques de TMS. Ainsi les indices QEC touchant les membres supérieurs, soit la région épaule/bras et la région poignet/main, ont diminué de 20,8 % et 4,3 %, lorsque l'indice OCRA, qui touche seulement les membres supérieurs, a diminué de 5,8 %. La comparaison de la méthode QEC au logiciel 4D Watbak montre, de son côté, que l'indice particulier au dos du QEC a diminué de 33,4 % entre les situations *Avant* et *Après 2*, comparativement à 13,5 % pour le LBPRI de 4D Watbak. En plus de comparer les résultats des méthodes entre elles, leur facilité et rapidité d'application ont été regardées. Il en ressort que la méthode QEC est la méthode la plus rapide et la plus facile à utiliser, suivi par le logiciel 4D Watbak et la méthode OCRA. Finalement, la méthode interactive, qui a été utilisée afin de concevoir une formation pour les travailleurs, a permis de considérer les problématiques d'ergonomie et de SST du poste de travail autant via l'opinion des travailleurs que par les recommandations de l'auteure de ce mémoire. À partir des différents résultats présentés, une analyse de ceux-ci est maintenant possible.

CHAPITRE 5 - DISCUSSION

Les résultats présentés précédemment ont permis de répondre aux objectifs de cette recherche soit : la documentation de l'exposition aux TMS après des changements d'aménagement visant la productivité et la réduction de la charge physique, l'applicabilité des trois méthodes d'évaluation de l'exposition aux facteurs de risques de TMS (OCRA, QEC et le logiciel 4D Watbak) et finalement la documentation du processus de mise en place d'une formation au sein de l'entreprise participante. Aussi, au tout début de cette section, les limites de la présente recherche et des résultats obtenus seront discutées.

5.1 Limites de l'étude

Les recherches réalisées sur le terrain comportent souvent des limitations méthodologiques, car le chercheur doit s'adapter constamment aux contraintes de l'entreprise participante. La présente recherche, ayant été réalisée en collaboration avec une entreprise, ne fait pas exception. Les principales limites concernent donc les travailleurs observés et les moments où certaines observations ont eu lieu.

5.1.1 Travailleurs observés

Comme cette recherche s'est faite en entreprise, il n'a pas toujours été possible que les travailleurs observés restent les mêmes pour les différentes situations observées. En effet, comme il a été indiqué à la section 3.4 (page 33), l'entreprise n'était pas toujours en mesure de libérer les travailleurs pour réussir à observer, à toutes les situations, les mêmes travailleurs. Ceci a toutefois permis de voir si l'observation de travailleurs différents influençait les résultats obtenus. Ainsi, la comparaison des efforts indiqués par les travailleurs (méthode OCRA) pour les mouvements similaires a donc permis de déterminer que la différence entre les évaluations aux différentes situations n'était pas significativement différente, sauf pour quelques exceptions, et donc, que la variabilité

des travailleurs avait eu peu d'impact sur les résultats. Pour s'assurer qu'aucun mouvement évalué ne fasse exception, il aurait fallu avoir un échantillon de travailleurs observés légèrement plus grand, car, lors de l'utilisation de l'échelle de Borg, le niveau d'effort trouvé à l'aide de cette échelle devrait s'avérer comparable aux résultats obtenus par EMG (électromyographie) si le nombre de travailleurs est suffisant (Colombini, 1998). De plus, lors de la première situation observée, *Avant*, un des travailleurs observés était gaucher. Comme les indices trouvés à l'aide de la méthode OCRA tiennent compte indépendamment du côté gauche du corps et du côté droit, les données recueillies pour ce travailleur ont donc été enlevées pour éviter que ces dernières influencent la valeur moyenne des indices. Finalement, un des travailleurs observé à la situation *Après 1* est un aide général qualifié pour travailler comme scieur. Ce travailleur ne travaille donc pas en tout temps au poste de travail étudié. Les indices trouvés pour ce travailleur ont toutefois été conservés dans les calculs, car, malgré la variabilité des tâches qu'il a la possibilité d'accomplir, il demeure un travailleur expérimenté (six ans d'expérience). Les limites liées aux travailleurs observés touchaient donc la variation entre les travailleurs entre les situations observées, la présence d'un travailleur gaucher et d'un travailleur occasionnel.

5.1.2 Moments des observations

Les limitations de cette étude touchent aussi les moments des prises de données. En effet, le moment des différentes prises de données et d'observations a, à quelques reprises (situations *Avant* et *Après 1*), été décalé pour une même situation. Cependant, comme il a été indiqué à la section 3.6 (page 50), des moyens ont été utilisés pour s'assurer de réduire le biais de mémoire. Ceci a entre autres été fait en demandant aux travailleurs interrogés de travailler avec leur ancienne méthode la journée où ils ont été rencontrés. En plus, comme les principaux équipements utilisés par les travailleurs sont restés inchangés, les changements apportés étaient relativement mineurs d'un point de vue des apprentissages requis par les travailleurs. Le biais engendré par l'usage de la mémoire des travailleurs a donc été minimisé de cette façon. Finalement, l'usage de la

mémoire des travailleurs n'a pas été nécessaire à la situation *Après 2*, car toutes les données ont été recueillies dans une même journée.

5.2 Documentation de l'exposition aux TMS

Trois méthodes ont été utilisées pour évaluer l'exposition aux TMS des membres supérieurs, ce sont les méthodes OCRA et QEC et le logiciel 4D Watbak. Les résultats obtenus avec ces méthodes ont permis d'évaluer les effets des modifications par rapport aux différents facteurs de risques présents et par rapport à plusieurs régions corporelles. Ceci a également permis de comparer les résultats des différentes méthodes entre elles en tenant compte selon le cas des facteurs de risques ou/et des régions touchées.

5.2.1 Évolution des risques de TMS

La prise de données lors de trois situations différentes a permis de documenter l'évolution de l'exposition aux risques de TMS au poste de scieur dans l'entreprise visée par la recherche. Pour ce faire, les données recueillies aux trois situations ont été analysées à l'aide des méthodes OCRA et QEC et du logiciel 4D Watbak.

5.2.1.1 OCRA

L'utilisation de la méthode OCRA a permis de remarquer que, suite aux modifications réalisées au poste de scieur, les risques de TMS ont diminué pour le côté gauche du corps et sont restés pratiquement stables pour le côté droit. En effet, l'indice général du côté gauche a diminué de 37,2 % entre les situations *Avant* et *Après 2*, alors que ce même indice pour le côté droit a à peine diminué de 5,8 % entre ces mêmes situations. Pour ce qui est de l'indice spécifique à l'épaule, celui-ci a diminué de 45,6 % et 4,9 % entre les situations *Avant* et *Après 2*, respectivement pour le côté gauche et le côté droit du corps. Cependant malgré ces modifications, la différence d'exposition entre ces situations est seulement significative pour les indices du côté gauche, les indices du côté droit n'étant pas significativement différents. Ainsi, en dépit de ces modifications,

la zone de risques, dans laquelle les indices sont situés, n'a pas été influencée. L'indice général du côté gauche reste donc dans la zone acceptable sous condition (jaune-rouge) et les autres indices restent dans la zone non acceptable (rouge). Il est cependant important de noter que, pour un indice OCRA dans la zone rouge, selon le niveau des connaissances actuelles, les risques de lésions spécifiques sont élevés chez le groupe de travailleurs exposés (Greico, 1998). Pour ce qui est de l'indice OCRA dans la zone jaune-rouge, cette zone représente une zone intermédiaire de risques entre une situation ne représentant pas de risques et une situation à risques de lésions (Grieco, 1998). Ceci amène donc que les scieurs travaillant au poste de travail observé seraient plus à risques de développer des lésions professionnelles aux niveaux des membres supérieurs du côté droit que du côté gauche.

Comme dans le cas présent les indices ont varié sans toutefois changer de zone de risques, la comparaison des indices trouvés aux différentes situations permet de mettre en évidence si la variation des indices est importante même si elle n'a pas occasionné de changement de zone de risques. Ainsi, l'indice OCRA peut rester dans une zone à risques tout en ayant déjà fait des améliorations importantes à un poste de travail. Dans ce cas, il faut donc procéder à d'autres améliorations pour amener le niveau de risques de TMS à un niveau inférieur. Ainsi, de par sa grande diminution, l'indice OCRA du côté gauche montre que l'exposition aux facteurs de risques a aussi beaucoup diminué. Ainsi les modifications qui ont été effectuées au poste de travail ont eu un impact positif sur l'exposition du côté gauche. La situation n'est cependant pas identique pour l'exposition du côté droit. En effet, entre les situations *Avant* et *Après 2*, l'exposition du côté droit n'a que très faiblement diminué, montrant même une aggravation, augmentation de 18,7 % de l'indice d'exposition, à la situation *Après 1*. Pourtant le nombre de mouvements effectués par les travailleurs (Tableau 4.2, Tableau 4.3 et Tableau 4.4) a diminué pour les deux côtés du corps, pour le côté gauche de 44 % entre les situations *Avant* et *Après 2* et pour le côté droit de 10 %. Ainsi pour qu'en pratique l'indice d'exposition reste quasiment stable pour le côté droit entre ces situations, même si le nombre de mouvements effectués a diminué, il a fallu que les

différents facteurs de risques pris en compte par la méthode OCRA s'intensifient à la situation *Après 2*, ce qui était contraire aux objectifs de l'entreprise face aux différentes transformations. L'évolution des différents facteurs de risques, synthétisée au Tableau 5.1, peut expliquer cela. En effet, il est possible de remarquer que, lors de la situation *Après 2*, toutes les tâches sauf la tâche D ont vu leur niveau d'effort perçu diminuer, ceci aurait donc dû influencer à la baisse l'indice d'exposition OCRA. Or, le temps passé à la tâche D a augmenté. L'augmentation du niveau d'effort nécessaire à cette tâche a donc eu un impact plus grand sur l'indice d'exposition de la situation *Après 2* qu'il en avait eu dans la situation *Avant*. La différence entre le niveau d'amélioration des indices OCRA pour le côté gauche et le côté droit du corps semble aussi en partie due au nombre et donc aussi à la nature des mouvements effectués par chacun des côtés du corps. Ainsi en enlevant une des tâches, en changeant d'autres tâches et en réduisant le poids maximal soulevé, les mouvements effectués par le côté gauche ont grandement diminué et les membres supérieurs de ce côté s'avèrent moins à risques de TMS. Cependant, dans le cas de deux tâches, les travailleurs doivent encore dans la situation *Après 2* tenir en tout temps dans leur main droite un couteau pour déballer les blocs, ce qui explique que les risques de TMS pour ce côté du corps sont encore très présents. Donc pour équilibrer les risques de TMS pour les deux côtés du corps, il faudrait que les travailleurs puissent travailler autant avec leurs membres supérieurs gauches que droits. En maniant à l'occasion, par exemple, leur couteau de leur main gauche, leurs efforts seraient répartis sur les deux côtés du corps. Cependant, il est très difficile en réalité d'obliger des travailleurs de devenir ambidextres. Un autre élément qui a influencé l'indice OCRA est la modification de la première tâche de travail qui demandait à la situation *Après 2* un temps de cycle beaucoup plus court venant directement influencer la posture du travailleur. La posture des membres supérieurs des travailleurs s'est donc détériorée pour les deux côtés du corps (voir les cellules correspondantes dans le Tableau 5.1), car dans les cas de cycles extrêmement court (moins de six secondes), le facteur de stéréotypie des mouvements (manque de variation) est automatiquement pris en compte (Colombini et al., 1999). Ainsi possiblement, si la première tâche de la situation *Après 2* demeurait similaire dans ses

actions à poser mais en ayant un temps de cycle plus long, l'indice d'exposition de cette situation serait déjà amélioré.

Tableau 5.1 : Récapitulatif de l'évolution des facteurs de risques et indices de la méthode OCRA

		Avant/Après 1								Après 1/Après 2							
		Gauche				Droit				Gauche				Droit			
Facteurs/Tâches		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Force (effort)		↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↓		↑	↓	↓		↑
Posture		-	↑	-	↓	-	-	↑	↑	↑	↑		↓	-	-		-
	Épaule	-	-	-	-	↑	-	-	-	↑	-		-	↑	-		-
	Coude	-	-	↑	-	-	-	-	-	↑	-		-	↑	-		-
	Poignet	-	-	-	-	-	↓	-	-	↑	-		-	↑	↓		↑
	Main	-	↑	-	↓	-	-	↑	↑	↑	↑		↓	-	-		-
Facteurs additionnels		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-		-
Durée des tâches		-	-	-	-	-	-	-	-	↓	↑		↑	↓	↑		↑
Facteur de récupération		-				-				↓				↓			
Durée totale des tâches		-				-				-				-			
Indice général		-				↑				↓				↓			
Indice spécifique à l'épaule		-				↑				↓				↓			

↓ Amélioration ou diminution de l'indice

↑ Détérioration ou augmentation de l'indice

- Stabilité

Tout comme l'indice d'exposition général, l'indice d'exposition spécifique à l'épaule a grandement diminué pour le côté gauche, 45,6 %, et a à peine diminué pour le côté droit, de 4,9 %, entre les situations *Avant* et *Après 2*. Comme Occhipinti (1998) et Colombini et al. (2002) l'ont indiqué, l'indice d'exposition spécifique à l'épaule doit être calculé lorsque cette dernière est fortement sollicitée, soit lorsque des mouvements demandent une excursion de plus de 50 % de la portée maximale, ce qui est d'ailleurs le cas pour le poste de travail visé. Ainsi même si les risques de TMS pour l'épaule gauche ont fortement diminué, ceci n'a pas été suffisant pour changer de zone de risques, restant donc dans la zone non acceptable (zone rouge). Les causes de ces modifications demeurent cependant identiques à celles trouvées pour l'indice général d'OCRA, car seul le nombre maximal de mouvements initiaux à considérer et la posture de l'épaule étaient différents entre l'indice général et l'indice spécifique à l'épaule. Ainsi

entre les situations *Avant* et *Après 2*, la posture au niveau de l'épaule est restée similaire sauf pour ce qui est de la première tâche qui, comme dans le cas de l'indice général, s'est détériorée en raison du temps de cycle très court.

L'évolution des indices d'exposition n'a cependant pas été du même ordre entre les situations *Avant* et *Après 1*. En effet, l'indice d'exposition général pour le côté gauche est resté stable, diminution de 1,9 %, lorsque celui du côté droit a augmenté de 18,7 %. Les modifications au poste de travail, entre autres au niveau du poids soulevé, n'ont donc pas eu les résultats escomptés sur l'exposition aux TMS. Les variations des indices sont probablement en partie dues à l'augmentation des niveaux d'effort perçus pondérés à la situation *Après 1* (Tableau 5.1). Ainsi même si le poids maximal soulevé par les travailleurs était inférieur, la pondération des efforts par rapport au temps du cycle a désavantagé la situation *Après 1*. Dans le cas de la situation *Avant*, les travailleurs soulevaient un grand poids pendant un faible pourcentage du temps de cycle, soulever trois blocs pour en déballer trois. Pour la situation *Après 1*, les travailleurs devaient soulever un poids moyen mais pour un plus grand pourcentage du temps de cycle, soulever un bloc pour le déballer. De plus, une partie des postures observées lors de la situation *Après 1* étaient plus à risques que celles observées à la situation précédente, surtout pour le côté droit. Les travailleurs observés faisaient donc plus souvent ou, du moins, plus longtemps dans leur cycle de travail des mouvements similaires, surtout au niveau de la main. Le nombre de mouvements recommandé pour chacun des côtés du corps a donc diminué lors de la situation *Après 1* comparé à la situation *Avant* et de façon plus marquée pour le côté droit, 20,6 % (7 % pour le côté gauche), influençant donc directement les niveaux de variation des indices OCRA.

L'utilisation de la méthode OCRA a donc permis d'évaluer les risques de TMS aux membres supérieurs en lien avec une série de facteurs de risques, soit : l'effort nécessaire à la tâche, la posture de l'épaule, du coude, du poignet et de la main, la durée des tâches, la présence de récupération adéquate, la présence de mouvements répétitifs et d'autres facteurs additionnels présents mais non en lien avec des facteurs

psychosociaux. Chacun des facteurs de risques présents dans cette méthode n'est cependant pas pris en compte de la même façon. Ainsi, pour la posture, seule la partie du corps qui présente la posture la plus contraignante est considérée en excluant celle de l'épaule. Ainsi, l'indice OCRA ne tient compte que de la pire situation, posture, sans égard à la section du corps. Les postures des différents membres supérieurs ne sont donc pas toutes comptabilisées en même temps dans un indice d'exposition. Donc, pour savoir quels éléments de posture sont à améliorer, la vérification de la section du corps contraignant l'indice OCRA est à faire. Pour tenir compte de la posture de l'épaule, un indice particulier à celle-ci peut être calculé dans le cas où elle est fortement exposée. Même avec ces contraintes face à la posture, cette méthode demeure très intéressante, car elle donne une bonne vue d'ensemble des risques de TMS à un poste de travail et ce pour les deux côtés du corps indépendamment l'un de l'autre. En effet, cette méthode analyse toutes les tâches de travail présentes lors d'une journée de travail typique d'un travailleur et ce dans un seul indice global par côté du corps. De plus, Greico (1998) mentionne qu'en raison des effets qu'y ont été considérés dans son article (les catégories individuelles de TMS reliées au travail, les pourcentages de TMS reliés au travail calculé sur le nombre de sujets exposés et le nombre de membres supérieurs exposés) l'indice d'exposition OCRA montre un niveau d'association satisfaisant et s'avère un paramètre de prédiction valide d'augmentation du risque. Cette méthode est donc une méthode utile et valable pour voir si un poste de travail, et par conséquent les tâches qui y sont effectuées, est à risques de causer des TMS.

5.2.1.2 QEC

Pour sa part, l'utilisation de la méthode QEC a permis de remarquer que, suite aux modifications réalisées au poste de scieur, les risques de TMS ont diminué pour l'ensemble des tâches observées entre les situations *Avant* et *Après 2*, la tâche A de 34,3 %, la tâche B de 14,3 % et la tâche D de 7,1 %. La différence entre les résultats obtenus pour ces deux situations n'est cependant significative que pour la tâche A, la tâche B n'étant pas significative et la tâche D étant non-concluante. Ces modifications

d'exposition ont, par ailleurs, permis aux tâches A et B de changer de zone de risques passant de la zone rouge, demandant de rechercher des causes et de faire des modifications immédiatement, à respectivement la zone verte et jaune, demandant de rechercher les causes, et la zone jaune et rouge, demandant de rechercher les causes et de faire des modifications rapidement, sans toutefois pouvoir observer un changement similaire pour la tâche D (Tableau 4.13). L'impact des modifications au poste de travail a donc été positif sur l'exposition des travailleurs aux TMS. Toutefois, comme les trois tâches de la situation *Après 2* ont un niveau d'exposition de plus de 40 % (excluant la zone verte), Brown et Li (2003) suggèrent d'investiguer plus en profondeur pour s'assurer que ces pourcentages d'exposition ne sont pas dus à une seule région corporelle très à risques et donc de regarder les niveaux d'exposition des différentes régions corporelles. Ainsi à la situation *Après 2*, les régions corporelles qui demeurent le plus à risques pour la tâche A (Tableau 5.2), ici dans la zone modérée, sont les régions épaule/bras, poignet/main et le cou, ce niveau d'exposition étant dû surtout à la posture des membres et à la fréquence des mouvements. Pour la tâche B, les quatre régions corporelles comportent un risque soit modéré ou élevé en raison de leur posture, la fréquence des mouvements et le poids soulevé, les deux régions corporelles les plus à risques étant la région épaule/bras et le cou. Dans le cas de la région épaule/bras, ce sont surtout la posture et la fréquence qui sont les plus problématiques. Pour la tâche D, ici aussi les quatre régions corporelles comportent un risque soit modéré ou élevé dans ce cas là, surtout dû au poids et à la posture, le cou étant la seule région corporelle dans une zone à risques élevés. Cette plus grande exposition pour le cou est due à la posture des travailleurs, à la durée de la tâche et au fait que les travailleurs ont une grande demande visuelle.

Tableau 5.2 : Situation Après 2 – Récapitulatif des principales zones corporelles à risques et de leurs causes

	Tâche A	Tâche B	Tâche D
Zones corporelles les plus à risques	Épaule/bras Poignet/main Cou	Dos Épaule/bras Poignet/main Cou	Dos Épaule/bras Poignet/main Cou
Principales causes du niveau d'exposition élevé	Posture Fréquence	Posture Fréquence Poids soulevé	Poids soulevé Posture

Même si l'exposition aux TMS a diminué pour toutes les tâches entre les situations *Avant* et *Après 2*, l'exposition de certaines régions du corps s'est tout de même dégradée. C'est d'ailleurs le cas du cou pour la tâche B et de la région poignet/main pour la tâche D. Cette détérioration, au niveau de l'exposition aux facteurs de risques de TMS, n'a cependant pas fait changer de zone de risques ces régions corporelles donc somme toute, le risque reste similaire. Ainsi dans la majorité des cas, les modifications aux tâches de travail ont résulté en une diminution des risques de TMS. Certains facteurs de risques de certaines tâches ont ainsi vu leur niveau d'exposition passer à un niveau d'exposition bas, lorsque d'autres ont passé de risques d'exposition très élevés à modérés (Tableau 4.12). Comme jusqu'à maintenant il n'y a pas encore d'évidences épidémiologiques pour supporter entièrement la combinaison des facteurs de risques, il est préférable d'utiliser un système de zone de risques (Li et Buckle, 1999). Ainsi en constatant des changements de zone de risques, il est possible de déterminer si l'exposition au poste de travail s'est effectivement améliorée. Les indices QEC ont donc permis d'observer une diminution dans l'exposition aux facteurs de risques de TMS et ce pour une bonne partie des membres supérieurs.

L'utilisation de la méthode QEC a donc permis d'évaluer les risques de TMS aux membres supérieurs ainsi qu'à d'autres régions corporelles (dos et cou) en lien avec une série de facteurs de risques, soit : l'effort nécessaire à la tâche, la posture des différentes régions corporelles (dos, zone épaule/bras, zone poignet/main et cou), la durée des tâches, la demande visuelle, la conduite de véhicule pour le travail,

l'utilisation d'outils vibrants, le rythme de travail et le niveau de stress au travail. Chacun des facteurs de risques présents dans cette méthode n'est cependant pas tenu en compte de la même façon d'un facteur de risques à l'autre et ils sont regroupés en fonction d'indices par section du corps et selon d'autres facteurs (conduite, présence de vibrations, rythme de travail et stress). La méthode QEC amène donc à analyser plusieurs indices à la fois pour déterminer les risques de TMS pour une tâche de travail. En effet, pour la méthode QEC il n'existe pas d'indice général direct. Brown et Li (2003) ont cependant ramené les différents indices trouvés avec la méthode QEC à un indice unique indiquant le risque général de la tâche de travail. Cet indice unique ne fait cependant pas partie de l'application normale de la méthode. Deux éléments importants restent cependant à être soulignés face à la méthode QEC. Cette méthode demande d'évaluer une tâche à la fois en prenant toujours la valeur la plus contraignante des deux côtés du corps pour chacun des critères, par exemple la pire posture observée dans le cycle de travail qu'importe le côté du corps, et aussi d'évaluer seulement la tâche qui semble le plus à risques. Cette méthode est donc intéressante, car elle pointe directement à quelle partie du corps se trouve le ou les risques de TMS. Cependant comme elle prend un seul indice pour les deux côtés du corps, il est difficile de déterminer avec exactitude quels mouvements peuvent occasionner des problèmes et par conséquent les régler. De plus, comme chacune des tâches est évaluée individuellement, le niveau d'exposition aux TMS pour un quart de travail complet n'est pas possible lorsque le travail comporte plus d'une tâche.

5.2.1.3 4D Watbak

Finalement, l'utilisation du logiciel 4D Watbak a permis de remarquer que, suite aux modifications réalisées au poste de scieur, les risques de TMS au niveau du dos ont diminué au poste de travail, sans toutefois avoir diminué de façon significative. En effet, le LBPRI a diminué de 13,5 % entre la situation initiale (*Avant*) et la situation finale observée (*Après 2*) montrant donc un impact positif sur le poste de travail. Cependant, lors de la situation *Après 1*, l'exposition aux TMS a légèrement augmenté (augmentation de 5,4 %) sous-entendant que les premières améliorations faites au

poste de travail n'avaient pas amené les résultats escomptés, une diminution de l'exposition aux TMS au niveau du dos. Ainsi de soulever moins de blocs à la fois pour trois des quatre tâches aurait pu permettre de faire diminuer la charge maximale et la charge cumulée, mais une tâche nécessitait encore de manipuler de lourdes charges. Donc à la situation *Après 2*, comparativement à la situation Avant, les indices LBPR des charges maximales ont tous diminués (Tableau 5.3), sauf celui en cisaillement à L4-L5, et les indices LBPR des charges cumulatives sont restés presque tous stables, peu ou pas de diminution. Ces diminutions importantes au niveau des charges maximales ont donc contribué la baisse du LBPRI. L'augmentation du LBPR de la charge maximale en cisaillement est possiblement due à l'asymétrie entre les mouvements, nécessitant une force, effectués par les deux côtés du corps et aussi au fait que les travailleurs étaient plus penchés vers l'avant pour effectuer certaines tâches, la A entre autres. Pour ce qui est des indices liés aux charges cumulatives, leur faible diminution a probablement pour cause que, tout au long des modifications, les travailleurs ont continué de produire la même quantité de produit, la quantité de blocs soulevés en fin de journée est donc restée stable même si les travailleurs en soulevaient moins à la fois. Il apparaît donc logique que les charges cumulatives soient semblables d'une situation à l'autre, car l'addition de plusieurs petites charges comparées à moins de grandes charges s'équivalent une fois additionnées. Cependant comme l'indique Daynard et al. (2001), les charges cumulatives sont particulièrement problématiques lorsqu'elles sont liées à des tâches répétitives. Donc, pour voir une véritable amélioration à un poste de travail, il faut qu'il y ait autant une diminution des charges maximales ainsi qu'une diminution des charges cumulées (Daynard et al., 2001). Les résultats obtenus avec le logiciel 4D Watbak montrent donc une diminution de certains risques de TMS au niveau du dos pour les travailleurs du poste de scieur sans toutefois les faire diminuer sous tous les fronts, charges maximales et charges cumulées. Le calcul des charges cumulées a peut-être été influencé par la méthode d'approximation qui a été utilisée, elle se rapproche de la méthode utilisée à la Figure 3.13 (f). Les charges cumulées réelles sont donc fort probablement inférieures à celles trouvées, dans cette étude, pour les différentes situations. Les risques de TMS au niveau du dos sont donc

probablement eux aussi légèrement inférieurs à ceux trouvés actuellement. Pour en arriver à une estimation plus réaliste des charges cumulées, Andrews et Callaghan (2003) proposent d'utiliser un minimum de 2 images/s. De cette façon, les charges calculées seraient plus réalistes et indiqueraient le risque de TMS de façon plus véridique.

Tableau 5.3 : Variation du risque relatif moyen de blessures au niveau du bas du dos

		Avant/Après 1	Avant/Après 2
LBPRI		↑	↓
LBPR	Charge maximale – Main	–	↓
	Charge maximale – Moment L4-L5	–	↓
	Charge maximale – Compression L4-L5	–	↓
	Charge maximale – Cisaillement L4-L5	↑	↑
	Charge cumulative – Moment L4-L5	↓	–
	Charge cumulative – Compression L4-L5	↓	↓
	Charge cumulative – Cisaillement L4-L5	–	–

L'utilisation du logiciel 4D Watbak a donc permis d'évaluer les contraintes présentes au niveau du dos et par conséquent les risques de TMS aux membres supérieurs en lien avec une série de facteurs de risques, soit : l'effort nécessaire à la tâche, la posture du corps, la durée des tâches, l'âge, le poids, la taille et le sexe des travailleurs. La combinaison de ces facteurs de risques sous-tendent donc les calculs effectués par le logiciel et influencent les résultats obtenus pour le dos au niveau des vertèbres L4/L5 et pour la main et ce autant pour les charges maximales que cumulées. De plus, le logiciel rend disponible le détail des charges maximales pour chacun des mouvements. De cela, il peut être vérifié si ces charges sont en deçà des valeurs recommandées. L'utilisation du logiciel 4D Watbak comporte cependant des désavantages. Il ne permet, en effet, que des analyses en deux dimensions et non en trois dimensions comme dans la réalité et il détermine ses charges à l'aide des composantes de forces et de postures du plan sagittal sans tenir compte des composantes du plan frontal. Cette approximation est cependant valable tant qu'une torsion du tronc n'est pas observée. Or à quelques reprises lors des observations, il a été possible de remarquer des torsions ou encore d'observer des forces qui n'étaient pas centrées dans le plan frontal,

soulever un poids à la droite du corps par exemple. L'utilisation du logiciel 4D Watbak a cependant été gardée, car ce logiciel offrait la possibilité de tenir compte des charges cumulées sur tout le quart de travail, offrant ainsi une analyse complète de l'exposition au dos, un peu comme la méthode OCRA le permet pour les membres supérieurs. Ceci n'est d'ailleurs pas offert par les autres logiciels d'analyse des contraintes au niveau du dos, par exemple le logiciel 3DSSP a la possibilité de faire les analyses en 3D des charges maximales sans tenir compte des charges cumulées.

5.2.2 Comparaison des résultats obtenus avec les méthodes

Les résultats obtenus avec les trois méthodes, utilisées dans un contexte d'amélioration continue visant la productivité et la SST, ont montré une baisse de l'exposition aux TMS, entre la situation initiale, *Avant*, et la situation finale, *Après 2*, venant confirmer les propos de Stuart et al. (2003) du lien entre amélioration continue et amélioration de la SST. Les commentaires donnés par les travailleurs à la situation *Après 2* vont d'ailleurs dans le même sens, les modifications apportées au poste de travail ont amélioré leurs conditions de travail. Certains vont même jusqu'à mentionner qu'ils se demandent comment ils faisaient pour travailler avant, en transportant un poids supérieur de blocs de poisson. Les travailleurs disent donc ne pas vouloir revenir en arrière.

La méthode OCRA a montré une amélioration de 5,8 %, alors que l'indice global de la méthode QEC a montré une amélioration 14,3 %. Les indices particuliers aux membres supérieurs de la méthode QEC, épaule/bras et poignet/main, ont respectivement eu une diminution 20,8 % et 4,3 %. Le niveau d'amélioration de l'indice d'exposition de la méthode OCRA et de l'indice global trouvé à l'aide de la méthode QEC sont donc d'ordre de grandeur très différents. De plus, il a été prouvé qu'il existait une plus forte corrélation entre l'indice OCRA et l'indice QEC de la région poignet/main, qu'entre l'indice OCRA et l'indice QEC général. Les facteurs de risques pris en compte par les deux méthodes tout comme la façon dont ils sont pris en compte ont fort probablement influencé ces résultats. Ainsi la méthode OCRA touche surtout les facteurs de risques

physiques et organisationnels alors que la méthode QEC touche les facteurs de risques physiques, organisationnels et aussi psychosociaux. Cependant, dans les deux méthodes, les facteurs physiques et organisationnels ne sont pas détaillés et pris en compte de la même façon. De plus, la méthode OCRA évalue un côté du corps indépendamment de l'autre, pour la main, le poignet, le coude et l'épaule, pour toutes les tâches de travail et ce dans un indice global. La méthode QEC tient compte, pour sa part, des deux côtés du corps indifféremment et ne tient compte que de la tâche de travail la plus problématique. Pour l'indice global, la méthode QEC tient compte de l'exposition du cou, de la zone poignet/main, de la zone bras/épaule et du dos et non seulement des membres supérieurs comme la méthode OCRA. Ainsi, même si une petite différence existe entre les parties du corps qui sont prises en compte par les deux méthodes, une si grande différence entre les résultats de ces méthodes amène donc à penser qu'elles ne s'équivalent pas complètement pour déterminer les risques de TMS à un poste de travail. Aussi, il est possible que le mode utilisé pour comparer les résultats des deux méthodes ne soit pas le meilleur choix. Toutefois, si seuls les résultats obtenus pour les membres supérieurs de la méthode QEC sont comparés aux résultats de la méthode OCRA, la différence entre les résultats des deux méthodes semble en partie moins éloignée. En effet, pour la région poignet/main, les pourcentages de diminution concordent très bien. La différence entre l'indice OCRA et l'indice QEC de la région épaule/bras est cependant bien dissemblable, même si cette région fait partie des membres supérieurs. Cette différence dans le niveau de diminution des indices concorde d'ailleurs avec le fait que la comparaison des indices OCRA et QEC de la région épaule/bras n'est pas significative. Ici aussi les façons dont sont pris en compte les facteurs de risques a influencé les résultats. Entre autres, la méthode OCRA analyse une plus grande variété de postures possibles pour les membres supérieurs comparativement à la méthode QEC. Les résultats de ces deux méthodes viennent cependant se compléter de par leurs différences. Ainsi, la méthode QEC ajoute un complément d'information à la méthode OCRA en montrant, en plus de l'exposition des membres supérieurs, l'exposition au niveau du cou et du dos. De plus, en comparant tous les résultats des deux méthodes, il devient possible de déterminer

quelle tâche semble la plus problématique, à l'aide de la méthode QEC, et aussi de voir pour quel côté du corps il y a le plus de problèmes, à l'aide de la méthode OCRA.

L'indice particulier au dos de la méthode QEC a montré une amélioration de 33,4 % et l'indice général une amélioration de 14,3 %, alors que les résultats obtenus à l'aide du logiciel 4D Watbak ont montré une amélioration de 13,5 % en regardant l'indice LBPRI. La comparaison de l'indice QEC du dos au LBPRI montre une différence dans l'ordre de grandeur de l'amélioration calculé par les deux indices. Ici aussi la principale raison de ces différences est les facteurs de risques qui sont pris en compte par les méthodes. Ainsi, la méthode QEC ne tient donc compte que de la tâche de travail la plus contraignante lorsque le logiciel 4D Watbak tient compte des différentes tâches effectuées dans une journée complète. De plus, les résultats obtenus avec la méthode QEC pour le dos sont calculés selon une méthode ressemblant à celle montrée à la Figure 3.13 (c). Cette méthode est donc moins précise que celle utilisée avec le logiciel 4D Watbak (Figure 3.13 (f)). Ainsi la méthode QEC tient surtout compte de la charge cumulée pour une tâche en fonction de la force maximale utilisée, lorsque les analyses qui ont été faites à l'aide de 4D Watbak tiennent compte de la force nécessaire à chacun des mouvements. La comparaison de l'indice général du QEC au LBPRI donne cependant un niveau d'amélioration plus comparable avec un rapport entre l'indice QEC et le LBPRI, sans toutefois mener à une corrélation entre les deux indices. Ces résultats montrent donc un même niveau d'amélioration, même si la méthode QEC analyse beaucoup plus de sites corporels que le logiciel 4D Watbak, principalement la région épaule/bras et le cou. De par les différences entre les facteurs de risques et les modes de calculs, ces deux méthodes sont complémentaires. Ainsi la méthode QEC peut permettre de déterminer quelle tâche contribue le plus à l'augmentation des risques de TMS, présentée de façon globale pour le quart de travail par le logiciel 4D Watbak.

Contrairement aux changements observés entre les situations *Avant* et *Après 2*, les changements des indices trouvés entre les situations *Avant* et *Après 1* ne vont pas tous

dans le même sens. Certains indices montrent donc une détérioration lorsque d'autres montrent une amélioration ou une stabilité. Les commentaires des travailleurs à la situation *Après 1* vont, de leur côté, dans le même sens qu'une partie des résultats, c'est-à-dire qu'il sont plutôt négatifs. Ainsi lors de cette prise de données, qui a d'ailleurs eu lieu peu de temps après les modifications au poste de travail, les travailleurs étaient insatisfaits des modifications entre autres en raison de l'augmentation du nombre de mouvements qu'a induit le poids inférieur qu'ils devaient soulever. La comparaison des résultats obtenus avec les méthodes OCRA et QEC montre donc que les résultats des deux méthodes vont tous deux dans le même sens soit une augmentation des risques de TMS. Le comportement des résultats obtenus à l'aide de la méthode QEC et du logiciel 4D Watbak n'est cependant pas similaire, tous les indices sauf l'indice particulier au dos du QEC montrant une augmentation. Ainsi l'indice particulier au dos du QEC a le comportement inverse par rapport aux autres indices (indice QEC général et LBPRI) en montrant une diminution des risques de TMS.

5.3 Applicabilité des méthodes utilisées : OCRA, QEC et 4D Watbak

Pour l'analyse du poste de travail de scieur, deux méthodes intégrées ont été utilisées pour déterminer les risques de TMS aux membres supérieurs et une analyse particulière des contraintes au niveau du dos a été utilisée pour déterminer les risques de TMS pour cette région du corps. Ces trois méthodes ne présentent cependant pas la même rapidité et facilité d'application ainsi que le même degré de précision. En effet, pour les méthodes intégrées, la méthode QEC demande un temps d'application presque onze fois plus court que celui de la méthode OCRA, lorsque le temps réel de la méthode OCRA est pris, c'est-à-dire sans le temps nécessaire à l'analyse de posture à la main, même si dans l'application de la méthode QEC, les quatre tâches de travail ont été observées et non seulement la plus problématique. Ainsi lorsqu'une situation de travail demande un diagnostic rapide, la méthode QEC s'avère la plus pratique, car elle a été conçue en ce sens. Maintenant, en comparant les temps d'applications de la méthode

QEC à celui pour l'analyse avec le logiciel 4D Watbak, il est possible de remarquer que l'utilisation de 4D Watbak a demandé environ quatre fois le temps d'application de la méthode QEC. Ceci s'avère cependant conservateur, car pour l'application de 4D Watbak, il faut fractionner les tâches de travail et les détailler tout comme pour la méthode OCRA. Ceci n'avait pas été fait, car cette opération avait déjà été effectuée précédemment, mais l'ajout de ces étapes d'analyses de données amènerait le temps d'application de 4D Watbak au même ordre de grandeur que pour la méthode OCRA. De plus, le temps utilisé pour la méthode QEC pour faire la comparaison est le temps complet d'application de la méthode et non seulement celui nécessaire pour faire l'analyse des risques au niveau du dos. Ainsi, si seul le temps nécessaire à l'analyse des risques de TMS au niveau du dos était comptabilisé, là aussi le rapport des temps d'application serait affecté à la hausse, favorisant encore plus la méthode QEC face au logiciel 4D Watbak. Ainsi tout comme dans le cas de la méthode OCRA, 4D Watbak demande un temps d'application beaucoup plus long que la méthode QEC.

Pour analyser l'applicabilité des trois méthodes, il est aussi nécessaire de prendre en compte la facilité d'application de celles-ci. Ainsi l'application de la méthode OCRA demande de passer par trois grandes étapes successives dont deux d'entre elles ont des sous-étapes. De plus, pour l'application de certaines de ces sous-étapes, un niveau de connaissances minimal en ergonomie est nécessaire ne serait-ce que pour bien comprendre comment cette méthode doit être appliquée et pour être en mesure de bien comptabiliser les résultats de chacun des facteurs de risques. D'autre part, cette méthode est plutôt une méthode d'observation, les travailleurs sont donc peu consultés pour établir les résultats d'exposition, les seules exceptions ayant été la distribution des tâches dans le temps et le niveau d'effort nécessaire au travail. L'application de la méthode OCRA se fait donc surtout à distance, sans l'aide des travailleurs. La disponibilité des travailleurs est donc peu importante. Pour l'application de la méthode QEC, trois ou quatre étapes simples sont nécessaires selon qu'un indice unique par tâche est nécessaire. Comme pour ces étapes seules des questions directes doivent être posées, son utilisation est facile et ne demande pas un niveau de connaissance

important en ergonomie. Cette méthode demande par contre l'interaction entre l'observateur et le travailleur observé pour entre autres répondre à une série de questions. Les travailleurs doivent par conséquent être disponibles et aussi être enclin à répondre à des questions sur leur travail. L'utilisation du logiciel 4D Watbak demande pour sa part d'appliquer trois grandes étapes dont là aussi deux d'entre elles ont des sous-étapes. Comme certaines sous-étapes d'application du logiciel 4D Watbak ressemblent à celles de la méthode OCRA, le niveau de connaissances nécessaires à l'application de ce logiciel est donc comparable en exigeant, en plus, des connaissances sur le fonctionnement de ce logiciel. Aussi, comme dans le cas de la méthode OCRA, ce logiciel demande plutôt des observations qu'une interaction active avec les travailleurs. Ainsi la méthode OCRA et le logiciel 4D Watbak demandent un niveau de connaissances plus élevé que celui nécessaire pour la méthode QEC, tout en demandant moins d'interactions avec les travailleurs.

En plus de la rapidité et de la facilité d'application, le niveau de précision des méthodes peut influencer quelle méthode sera utilisée et préférable selon les circonstances. Ainsi l'application de la méthode OCRA demande d'utiliser des données précises qui sont directement utilisées dans les feuilles de calculs. Par exemple, le niveau d'effort pondéré nécessaire pour effectuer les tâches est calculé à partir du niveau d'effort de chacun des mouvements pour ensuite être pondéré selon le temps passé à effectuer le mouvement. Ceci implique donc à son exécutant une bonne rigueur pour garder en tout temps le niveau de détails que demande cette méthode. Outre cela, cette méthode fait une évaluation complète et unique pour un quart de travail complet. Pour sa part, la méthode QEC tient compte de l'allure générale de la tâche de travail plutôt que son détail, chaque facteur de risque étant déduit d'un intervalle. Par exemple, le poids manipulé pris en compte par cette méthode est déduit de quatre intervalles de poids (5 kg et moins, entre 6 et 10 kg, entre 11 et 20 kg et plus de 20 kg) dont un de ceux-ci sera celui décrivant la situation de travail. L'évaluation que donne cette méthode est donc plus grossière que celle donnée par la méthode OCRA. De plus, cette méthode n'évalue qu'une tâche à la fois, une analyse globale du quart de travail

n'est donc possible qu'en faisant les analyses pour chacune des tâches les unes après les autres. De son côté, l'application du logiciel 4D Watbak tout comme pour la méthode OCRA demande des données directes donc favorisant une bonne précision. La précision et le niveau de détails des données recueillies vont donc directement influencer le niveau de précision et l'exactitude des résultats. Ainsi, plus les tâches de travail sont analysées détail par détail, plus les résultats colleront à la réalité (Figure 3.13). Par exemple, si l'évaluation du poste de travail se fait en prenant seulement la force maximale nécessaire par rapport au temps travaillé, Figure 3.13 (c), l'évaluation des risques de TMS sera plus grossière que si chaque tâche de travail est décortiquée en chacun des mouvements principaux, Figure 3.13 (f). Aussi, comme dans le cas de la méthode OCRA, le logiciel 4D Watbak fait une analyse de quart de travail en entier et non seulement d'une tâche. Ainsi, la méthode OCRA offre une plus grande précision dans l'évaluation des risques de TMS que la méthode QEC. Pour ce qui est du logiciel 4D Watbak, son degré de précision dépendra surtout du niveau de détails de ses données, il peut donc donner des résultats très précis comme plus grossiers.

Finalement, l'utilisation d'une méthode plutôt qu'une autre dépend surtout du type d'application qui est désiré. Ainsi, si une activité de recherche est faite sur un poste de travail pour déterminer les risques de TMS, la méthode OCRA et le logiciel 4D Watbak sont tout désignés, car ils permettent un niveau de détails important face aux données recueillies pour analyser et documenter l'activité de travail. De plus, ces méthodes permettent d'analyser directement un quart de travail complet. Cependant, l'utilisation de ces méthodes demande un temps considérable et un niveau de connaissances en ergonomie plus important qui est tout de même acceptable dans un contexte de recherche. Néanmoins, si une application rapide et générale du poste de travail est nécessaire pour évaluer les effets de modifications à un poste de travail lors d'un processus d'amélioration continue, lors de KAIZEN par exemple, la méthode QEC semble plus appropriée. En effet, cette méthode a été conçue pour une application dans l'industrie de façon simple et rapide et pour évaluer la tâche de travail la plus problématique. Toutefois, si le poste de travail observé comporte peu de tâches, moins

de quatre, et que celles-ci sont peu complexes, donc nécessitant peu de variations de mouvements, la méthode OCRA pourrait possiblement être appliquée. Comme la méthode OCRA demande tout de même un plus grand temps d'application, la personne qui fait l'analyse ne pourra peut-être pas participer à toutes les étapes du KAIZEN. Le niveau de précision de la méthode QEC est par contre moins élevé que pour la méthode OCRA, mais semble tout de même resté à un niveau acceptable. Pour ce qui est du logiciel 4D Watbak, celui-ci pourrait possiblement aussi être utilisé lors de KAIZEN, mais dans ce cas la précision des résultats devra être ramenée à un niveau inférieur pour réduire le temps d'application. Les différentes méthodes utilisées dans cette recherche semblent plus indiquées pour certains types d'application que d'autres.

5.4 Documentation du processus de mise en place d'une formation

Le processus de mise en place d'une formation par l'entreprise a été principalement documenté en ce qui concerne la considération des connaissances des travailleurs sur l'activité de travail dans l'élaboration des procédures de travail, le profil de compétences et le manuel de formation et la considération des connaissances ergonomiques et de SST dans l'élaboration du manuel de formation.

La considération des connaissances des travailleurs sur l'activité de travail dans l'élaboration des procédures de travail a été faite de deux manières : en utilisant les connaissances des deux travailleurs participant directement à l'élaboration de la formation et en consultant les autres scieurs. Le profil de compétences que les travailleurs doivent avoir acquis suite à la formation a donc été directement développé avec un des deux travailleurs participant à l'élaboration du manuel de formation pour ensuite être contre-vérifié par l'autre. L'expérience et les connaissances de ces scieurs ont donc été directement prises en compte. Pour ce qui est de l'élaboration elle-même du manuel de formation, les deux travailleurs ont relevé toutes les particularités de leur travail : la description des différentes parties des outils qu'ils utilisent, leurs modes

opératoires et la résolution de problèmes. Ceci a été effectué équipement par équipement. Aussi, pour compléter les informations concernant la résolution des problèmes, les autres travailleurs du poste de travail ont été consultés. Ceci a donc permis d'utiliser les connaissances des travailleurs de leur poste de travail et des tâches qu'ils ont à effectuer pour établir le contenu du manuel de formation. Donc selon l'expérience des travailleurs, ces derniers ont pu indiquer différents moyens pour résoudre les problèmes associés à leur travail. La consultation du plus grand nombre de travailleurs possibles a donc enrichi et aidera à la formation des nouveaux travailleurs.

Les connaissances ergonomiques et de SST ont été considérées dans l'élaboration du manuel par l'utilisation des recommandations de l'auteure de ce mémoire, par l'utilisation des connaissances des travailleurs et par l'emploi des outils de SST déjà en place dans l'entreprise. En effet, l'auteure de cette étude, ayant été présente à presque toutes les rencontres servant à l'élaboration du manuel de formation, a pu, tout au long de la rédaction, indiquer les éléments importants à considérer du côté ergonomique et SST. Elle a donc rappelé à l'occasion des modifications qui avaient été faites par le comité des scieurs pour diminuer les charges de travail. De plus, dans la description de certaines tâches de travail reliées à des productions particulières, des règles de sécurité et manipulations plus ergonomiques ont été discutées pour être intégrées au manuel. Les travailleurs ont donc dans ces cas indiqué leurs trucs du métier et l'auteure de ce mémoire, les principes ergonomiques. Les règles de SST déjà présentes dans l'entreprise ayant été indiquées dans le manuel, la formation donnée aux travailleurs sera donc complète et permettra aux travailleurs de consulter un seul document pour obtenir toutes les informations concernant leur poste de travail.

Des données recueillies en lien avec l'élaboration de la formation, il ressort que le processus a été interactif entre les travailleurs du poste de travail et les intervenants, consultant et auteure de ce mémoire. Les travailleurs ayant été consultés, le profil de compétences, le manuel de formation et la formation qui en résultent sont directement

en lien avec leur réalité. Ainsi les connaissances des travailleurs plus expérimentés, les trucs du métier, peuvent profiter à tous les travailleurs. La formation ainsi faite pourra donc permettre que tous les scieurs aient un niveau de connaissance comparable de leur travail. Finalement, cette formation sera donnée directement par des scieurs à d'autres scieurs, des scieurs-formateurs ayant été formés, de cette façon, les scieurs qui seront formés le seront par des personnes qui connaissent très bien leur travail et ses enjeux.

Finalement, il a été démontré par les méthodes OCRA et QEC et à l'aide du logiciel 4D Watbak que l'exposition aux TMS pour le poste de travail a diminué entre la situation initiale, *Avant*, et la situation finale, *Après 2*. L'exposition reste cependant importante et nécessite d'autres améliorations au poste de travail. La comparaison des résultats obtenus avec les différentes méthodes a permis de remarquer que certains indices donnaient des résultats comparables, mais aussi que, par leurs particularités différentes, les résultats des méthodes apportaient un complément d'information aux résultats des autres méthodes. L'applicabilité des différentes méthodes a aussi été discutée et a fait ressortir que l'utilisation de la méthode QEC s'avère plus intéressante lors de KAIZEN, car elle est simple et rapide d'utilisation. Enfin, le processus de mise en place d'une formation des scieurs a été fait avec la collaboration des travailleurs du poste de travail, ceux-ci ayant été la principale source d'information.

CONCLUSION

L'objectif principal de cette recherche était de documenter l'exposition aux TMS tout au long de modifications au poste de travail de scieur. Les objectifs spécifiques étaient de déterminer si les transformations au poste de travail ont influencé favorablement l'ergonomie du poste de travail, d'évaluer l'exposition aux TMS après les modifications ainsi que les impacts sur la SST, de vérifier la comparabilité et la complémentarité des résultats, de vérifier l'applicabilité des méthodes et de documenter le processus de conception d'une formation pour le poste de travail. Ainsi, le niveau de risques de TMS a été évalué aux situations *Avant*, *Après 1* et *Après 2* à l'aide des méthodes OCRA et QEC et du logiciel 4D Watbak. Ces méthodes ont permis de déceler que le poste de scieur était effectivement un poste de travail à risques de TMS et il a aussi été possible de voir que les différentes modifications apportées au poste de travail ont permis de faire diminuer certains risques sans toutefois les amener à un niveau sécuritaire. Les modifications effectuées au poste de travail ont donc eu un impact positif sur l'exposition aux TMS des membres supérieurs des travailleurs sans toutefois minimiser les risques de TMS. La comparaison des méthodes a permis de remarquer que les trois méthodes concordent habituellement face à la diminution ou l'augmentation des risques de TMS sans toutefois indiquer des niveaux de modifications comparables. Ainsi les seuls indices qui corrélaient bien ensemble sont l'indice OCRA avec l'indice QEC de la région poignet/main. Les résultats obtenus avec les trois méthodes se complètent de par leurs différences dans les sites corporels évalués, leurs facteurs de risques et leur méthode d'évaluation du travail (par tâche ou par quart de travail). Aussi, l'applicabilité des différentes méthodes utilisées a été évaluée en comparant entre autres les temps d'application des différentes méthodes, mais aussi en regardant la complexité d'application et la nature des variables prises en compte. Ceci a donc permis de voir que la méthode OCRA est une méthode assez complexe à mettre en œuvre de par la quantité et la précision des variables utilisées. Elle a cependant permis d'analyser en détail l'activité de travail et d'avoir une vue complète de la problématique de TMS au

poste de travail. Pour sa part la méthode QEC est une méthode très rapide et facile à utiliser qui a été conçue d'ailleurs pour l'évaluation en entreprise. Cette méthode est donc de mise pour voir à quel niveau des membres supérieurs il faut agir pour remédier rapidement à des problèmes reliés aux TMS et elle est facilement applicable lors de KAIZEN. Finalement, le logiciel 4D Watbak a permis de faire une analyse détaillée des contraintes au niveau du dos. Cette méthode, comme la méthode OCRA, est plus complexe et demande une analyse minutieuse et par conséquent plus longue. Ainsi, la méthode OCRA et le logiciel 4D Watbak sont très intéressants en recherche ou lorsqu'un poste doit être analysé en détail, mais ces méthodes se prêtent moins bien aux changements rapides qu'entraîne l'amélioration continue. La documentation du processus de mise en place d'une formation et de son manuel pour le poste de scieur a aussi été effectuée et ceci grâce aux observations et l'implication de l'auteure de ce mémoire. Pour documenter ce processus, deux grands thèmes ont été touchés soit la prise en compte des connaissances des travailleurs sur l'activité de travail dans l'élaboration des procédures de travail et la prise en compte des connaissances ergonomiques et de SST dans l'élaboration du manuel de formation. Il en ressort que l'ergonomie, la SST et les connaissances des travailleurs ont été considérées dans l'élaboration de la formation.

D'une part, les résultats obtenus à l'aide des différentes méthodes montrent donc que l'amélioration continue peut avoir un impact positif sur l'ergonomie d'un poste de travail et sur les facteurs de risques de TMS. Ceci vient donc confirmer les résultats présentés par Stuart et al. (2003). Pour continuer de s'assurer de la validité de cette hypothèse, d'autres évaluation de postes de travail devraient être effectuées et ce aussi possiblement dans d'autres types de postes de travail. D'autre part, la comparaison des résultats des différentes méthodes a permis de remarquer que les différentes méthodes, mêmes si elles ne touchent pas toutes les mêmes facteurs de risques et les mêmes zones corporelles, ont des comportements similaires et concordent dans certains cas. Ainsi pour valider plus précisément les concordances et les différences entre les différents indices des différentes méthodes, la comparaison des résultats de

ces méthodes devrait être effectuée avec de plus grands échantillons de travailleurs. Finalement, comme le poste de travail reste à risques de TMS, il s'avère important de faire d'autres modifications à ce poste de travail et ce peut-être sous forme d'interventions ergonomiques ciblées, sur les zones corporelle à risques et les facteurs de risques s'y rattachant, et plus radicales. Ces modifications devraient avoir pour principal objectif de faire diminuer les risques de TMS aux membres supérieurs et principalement pour le côté droit qui reste le plus exposé aux facteurs de risques.

RÉFÉRENCES

- ANDREWS, D.M. et CALLAGHAN, J.P. (2003). Determining the minimum rate needed to accurately quantify cumulative spine loading from digitized video. *Applied ergonomics*, 34, 589-595.
- BORG, G. (1998). *Borg's Perceived exertion and pain scales*. Windsor : Human Kinetics.104p.
- BROWN, R. et LI, G. (2003). The development of action levels for the 'Quick Exposure Check' (QEC) system. In: *Contemporary Ergonomics 2003*, (ed. P.T. McCabe), London : Taylor & Francis, 41-46.
- CALLAGHAN, J. P., SALEWYTSCH, Ami J. et ANDREWS, David M. (2001). An evaluation of predictive method for estimating cumulative spinal loading. *Ergonomics*, 44, 9, 825-837.
- COLOMBINI, D. (1998). An observational method for classifying exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*, 41, 1261-1289.
- COLOMBINI, D., OCCHIPINTI, E., DELLEMAN, N., FALLENTIN, N., KILBOM, A., GRIECO, A. (1999). *Exposure assesment of upper limb repetitive movements : a consensus document*. Technical Committee on Musculoskeletal Disorder chaired by Prof. A. Grieco, International Ergonomics Association, Milano, Italy.
- COLOMBINI, D., OCCHIPINTI, E. et GRIECO, A. (2002). *Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and Exertions of Upper Limbs: Job Analysis, Ocrs Risk Indices, Prevention Strategies and Design Principles*. Oxford : Elsevier. 200p.

DAVID, G., WOODS, V., BUCKLE, P. et STUBBS, D. (2003). Further development of the Quick Exposure Check (QEC). *Proceeding of the XVth triennial congress of the International Ergonomics Association and the 7th joint conference of Ergonomics Society of Korea/Japan Ergonomics society: Ergonomics in digital age*, Seoul, Korea.

DAYNARD, D., YASSI, A., COOPER, J.E., TATE, R., NORMAN, R. et WELLS, R. (2001). Biomechanical analysis of peak and cumulative spinal loads during simulated patient-handling activities: a substudy of a randomized controlled trial to prevent lift and transfer injury of health care workers. *Applied Ergonomics*, 32, 199-214.

DE MACEDO GUIMARÃES, L. B., FISCHER, D. et ELY, F. (2000). Evaluation of productivity before and after ergonomic intervention. *Proceeding of the IEA 2000/HFES 2000 Congress*.

EKLUND, J. A. E. (1995). Relationships between ergonomics and quality in assembly work. *Applied Ergonomics*, 26, 15-20.

FREIVALDS, A. (2004). *Biomechanics of the upper limbs: Mechanics, modeling, and musculoskeletal injuries*. Boca Raton : CRC Press. 605p.

GENAIDY, A. M. et KARWOWSKI, W. (2003). Human Performance in Lean Production Environment: Critical Assessment and Research Framework. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 13, 317-330.

GONZÁLEZ, B. A., ADENSO-DÍAZ, B. et GONZÁLEZ TORRE, P. (2003). Ergonomic performance and quality relationship: an empirical evidence case. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 31, 33-40.

GRIECO, A. (1998). Application of the concise exposure index (OCRA) to tasks involving repetitive movements of the upper limbs in a variety of manufacturing industries: preliminary validations. *Ergonomics*, 41, 9, 1347-1356.

HAGBERG, M., SILVERSTEIN, B., WELLS, R., SMITH, M. J., HENDRICK, H. W., CARAYON, P. et PÉRUSSE, M. (1995). *Work related musculoskeletal disorder (WMSDs): A reference book for prevention*. London : Ed. Kuorinka, Ilkka et Forcier, Lina, Taylor & Francis. 421p.

HAIMS, M. C., CARAYON, P. (1998). The theory and practice for the implementation of 'in-house', continuous improvement participatory ergonomic programs. *Applied Ergonomics*, 29, 461-472.

HELANDER, M. G. et BURRI, G. J. (1995). Case study – Cost effectiveness of ergonomics and quality improvements in electronics manufacturing. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15, 137-151.

HIGNETT, S. et MCATAMNEY, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31, 201-205.

HOBBS, D. P. (2004). *Lean manufacturing Implementation: a complete execution manual for any size manufacturer*. Boca Racon : J. Ross Publishing. 244p.

IMAI, M. (1986). *Kaizen, the key to Japan's competitive success*, New York : Random house. 259p.

IMBEAU, D., NASTASIA, I. et FARBOS, B. (2004). Troubles musculo-squelettiques : évaluation et conception du travail. *Manuel d'hygiène du travail : du diagnostic à la maîtrise des facteurs de risque*, Modulo-Griffon, Mont-Royal, 321-362.

KEMMLERT, K. (1995). A method assigned for the identification of ergonomic hazard – PLIBEL. *Applied Ergonomics*, 26, 199-211.

KUMAR, S. (2001). Cumulative load as a risk factor for back pain. *Spine*, 15, 1311-1316.

KUORINKA, I. (1997). Tools and means of implementing participatory ergonomics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 267-270.

LAITINEN, H., SAARI, J. et KUUSELA, J. (1997). Initiating an innovative change process for improved working conditions and ergonomics with participation and performance feedback: A case study in an engineering workshop. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 299-305.

LI, G and BUCKLE, P. (1999). *Evaluating change in exposure to risk for musculoskeletal disorders - a practical tool*. HSE Contract report 251/1999 HSE Books. 82p.

LIN, L., DRURY, C.G. et KIM, S.-W. (2001). Ergonomics and Quality in Paced Assembly Lines. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 11, 377-382.

MCATAMNEY, L. et CORLETT, E N. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24, 91-99.

MIKAMI, K., SHIBUYA, M., IIDA, K., HATAZAWA, K., HESAGAWA, T. et KUMASHIRO, M. (2003). A study of improvement in the production line for dairying implements aiming for the fusion of productivity and humanity. *Proceeding of the XVth triennial congress of the International Ergonomics Association and the 7th joint conference of Ergonomics Society of Korea/Japan Ergonomics society: Ergonomics in digital age*, Seoul, Korea.

MOORE, J. S. et GARG, A. (1995). The Strain Index: A Proposed Method To Analyze Jobs For Risk Of Distal Upper Extremity Disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 56, 443-458.

NAGAMACHI, M. (1995). Requisites and practices of participatory ergonomics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15, 371-377.

NORO, K. et IMADA, A. (1991). *Participatory ergonomics*. London : Taylor & Francis. 220p.

OCCHIPINTI, E. (1998). OCRA: a concise index for assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*, 41, 1290-1311.

RESNICK, M.L. et ZANOTTI, A. (1997). Using ergonomics to target productivity improvements. *Computer ind. Engineering*, 33, 185-188.

RINGELBERG, J. A. et KOUKOULAKI, T. (2002). *Risk Estimation for Musculoskeletal Disorders in Machinery Design – Integrating a User Perspective*. European Trade Union Technical Bureau for Health and Safety, Bruxelles, Belgique.

SHOAF, C., GENAIDY, A., KARWOWSKI, W. et HUANG, S. H. (2004). *Improving performance and quality of working life: a model for organizational health assessment in emerging enterprises*. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 14, 81-95.

STEVENSON, W. J., BENEDETTI, C. et BOURENANE, H. (2001). *La gestion des opérations – Produits et services*. Canada : Les Éditions de la Chenelière. 785p.

STUART, M., TOOLEY, M. et HOLTMAN, K. (2003). The effect of ergonomics, lean manufacturing and reductions in workforce on musculoskeletal health. *Proceedings of the XVth triennial congress of the International Ergonomics Association and the 7th joint conference of Ergonomics Society of Korea/Japan Ergonomics Society : Ergonomics in digital age*, Seoul, Korea.

VIOLANTE, F., ARMSTRONG, T. et KILBOM, Å. (2000). *Occupational ergonomics: work related musculoskeletal disorders of the upper limb and back*. London : Taylor & Francis. 220p.

RÉFÉRENCES INTERNET

1. KAIZEN, le principe de l'amélioration continue (consulté le 30 octobre 2004)
http://chohmann.free.fr/kaizen_fr.htm
2. Kaizen philosophy and Kaizen method (consulté le 16 février 2005)
http://www.valuebasedmanagement.net/methods_kaizen.html
3. MQQ – PVA – Qu'est-ce que la PVA ? (consulté le 19 janvier 2005)
<http://www.outilspva.com/sections/questce.asp>
4. Le principe et la mise en oeuvre des 5S (consulté le 19 janvier 2005)
<http://chohmann.free.fr/cinqs.htm>
5. Download the QEC Reference Guide – Quick Exposure Check (QEC). (consulté le 30 octobre 2004)
<http://www.eihms.surrey.ac.uk/robens/erg/QEC/QECguide.pdf>
6. Robens Centre for Health Ergonomics – ... a practical tool (consulté le 30 octobre 2004)
<http://www.eihms.surrey.ac.uk/robens/erg/QEC.htm>
7. Frazer, Mardon B. (2003). Utilisation des charges maximales et cumulatives sur la colonne vertébrale pour évaluer les emplois, la rotation des emplois et les contrôles techniques. *Pistes : revue électronique (www.pistes.uqam.ca)*, 5,2. (consulté le 7 octobre 2004)
<http://www.pistes.uqam.ca/v5n2/articles/v5n2a7.htm>

ANNEXE I – OCRA : RÉSULTATS PAR TRAVAILLEUR

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
30		30		30		30		C.F.

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
0,81		0,82	1,15	0,79		0,79		FF

A	B	C	D	A	B	C	D
1,20		1,15		1,29		1,29	

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1			0,7		0,6		0,5	0,33

	A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Épaule	0,7		0,7		0,7		0,7		
Coude	1		1		1		1		
Poignet	1		1		1		1		
Main	1		0,7		0,33		1		
	1		0,7		0,33		1		Fp

A	B	C	D	A	B	C	D
4		4		4		4	
0		2		0		0	
0		2		0		2	
3		4		16		0	

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
0,95		0,95		0,95		0,95		Fc

Durée des tâches répétitives (minutes)

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
118		61		118		61		

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

2713		989		876		1367	
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

3702	2243
------	------

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0	1,5

Fr

0,85

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480	335
Facteur	2		1,5		1		0,5		

Fd

1

3147	1906
------	------

I.E.

Ae	11 221	10 399
Arp	3 147	1 906
I.E.	3,57	5,45

Calcul épaule : I.E.

Ae	11 221	10 399
Arp	1 227	1 196
I.E.	9,14	8,69

Figure I.1 : Avant - Travailleur #11 - Résultats OCRA

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

C1 - main				C2 - pied				Tâche/s
A	B	C	D	A	B	C	D	C.F.
30	30	30		30	30	30		

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Fr	0,81	0,90	0,82		0,79	0,85	0,79	

A	B	C	D	A	B	C	D
1,20	0,84	1,15		1,29	1,01	1,29	

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1		0,7		0,6		0,5		0,33

	A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Épaule	0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7		
Coude	1	1	1		1	1	1		
Poignet	1	1	1		1	0,7	1		
Main	1	1	0,7		0,33	0,33	0,6		
Fp	1	1	0,7		0,33	0,33	0,6		

A	B	C	D	A	B	C	D
4	4	4		4	4	4	
0	0	0		0	0	0	
0	0	0		2	4	0	
0	3	4		16	16	8	

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Fc	0,95	0,95	0,95		0,95	0,95	0,95	

Durée des tâches répétitives (minutes)

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
118	72	61		118	72	61		

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

2713	1832	989		876	570	820	
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

Coude	Prépaire
5534	2266

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0	1,5

Fr

0,85

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480
Facteur	2		1,5		1		0,5	

335

Fd

1

Coude	Prépaire
4704	1926

I.E.

Ae	16 189	15 370
Arp	4 704	1 926
I.E.	3,44	7,98

Calcul épaule : I.E.

Ae	16 189	15 370
Arp	1 772	1 710
I.E.	9,13	8,99

Figure I.2 : Avant - Travailleur #13 - Résultats OCRA

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

C40 - marche				C40.5 - arrêt			
A	B	C	D	A	B	C	D
30	30			30	30		

Tâche/s
C.F.

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

A	B	C	D	A	B	C	D
0,81	0,90			0,79	0,85		

Tâche/s
Ff

A	B	C	D	A	B	C	D
1,20	0,84			1,29	1,01		

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1		0,7		0,6		0,5		0,33

	A	B	C	D	A	B	C	D
Épaule	0,7	0,7			0,5	0,7		
Coude	1	1			1	1		
Poignet	1	1			1	1		
Main	0,33	0,5			1	1		
	0,33	0,5			1	1		

Tâche/s
Fp

A	B	C	D	A	B	C	D
4	4			12	4		
2	2			0	2		
0	0			0	0		
16	12			0	0		

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

A	B	C	D	A	B	C	D
0,95	0,95			0,95	0,95		

Tâche/s
Fc

Durée des tâches répétitives (minutes)

A	B	C	D	A	B	C	D
118	72			118	72		

Tâche/s

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

895	916			2655	1727		
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

C40 - marche	C40.5 - arrêt
1811	4382

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0	1,5

Fr

0,85

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480	
Facteur	2		1,5		1		0,5		335

Fd

1

C40 - marche	C40.5 - arrêt
1540	3725

I.E.

Ae	12 547	11 448
Arp	1 540	3 725
I.E.	8,15	3,07

Calcul épaule : I.E.

Ae	12 547	11 448
Arp	1 352	1 078
I.E.	9,28	10,62

Figure I.3 : Avant - Travailleur #14 - Résultats OCRA

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

C12				C12/A12				Tâche/s
A	B	C	D	A	B	C	D	C.F.
			30				30	

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
			0,92				0,97	Ff

A	B	C	D	A	B	C	D
			0,75				0,59

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1		0,7		0,6		0,5		0,33

	A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Épaule				0,7				0,7	
Coude				0,7				1	
Poignet				1				1	
Main				0,5				0,7	
				0,5				0,7	Fp

A	B	C	D	A	B	C	D
			4				4
			4				0
			0				0
			12				6

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
			0,95				0,95	Fc

Durée des tâches répétitives (minutes)

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
			85				85	

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

			1124				1654
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

1124	1654
------	------

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0	1,5

Fr

0,85

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480
Facteur	2		1,5		1		0,5	

335

Fd

1

956	1406
-----	------

I.E.

Ae	4 782	4 149
Arp	956	1 406
I.E.	5,00	2,95

Calcul épaule : I.E.

Ae	4 782	4 149
Arp	669	703
I.E.	7,15	5,90

Figure I.4 : Avant - Travailleur #15 - Résultats OCRA

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

Côté gauche				Côté droit				Tâche/s
A	B	C	D	A	B	C	D	C.F.
30	30		30	30	30		30	

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
0,79	0,86		0,80	0,78	0,83		0,77	Ff

A	B	C	D	A	B	C	D
1,28	0,97		1,25	1,35	1,08		1,42

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1		0,7		0,6		0,5		0,33

	A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Épaule	0,7	0,7		0,7	0,33	0,7		0,7	
Coude	0,7	1		0,7	0,7	0,7		1	
Poignet	1	1		1	1	1		1	
Main	1	0,6		0,7	0,33	0,33		0,5	
	0,7	0,6		0,7	0,33	0,33		0,5	Fp

A	B	C	D	A	B	C	D
4	4		4	20	4		4
6	0		4	6	4		0
0	0		0	2	0		0
3	8		4	16	16		12

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
0,95	0,95		0,95	0,95	0,95		0,95	Fc

Durée des tâches répétitives (minutes)

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
118	72		85	118	72		85	

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

1862	1054		1360	863	562		932
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

4276	2356
------	------

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0	1,5

Fr

0,85

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480	335
Facteur	2		1,5		1		0,5		

Fd

1

Côté gauche	Côté droit
3635	2003

I.E.

Ae	16 093	15 725
Arp	3 635	2 003
I.E.	4,43	7,85

Calcul épaule : I.E.

Ae	16 093	15 725
Arp	1 892	1 427
I.E.	8,51	11,02

Figure I.5 : Après 1 - Travailleur #2 - Résultats OCRA

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

CMA gauche				CMA droite				Tâche/s
A	B	C	D	A	B	C	D	C.F.
30	30	30	30	30	30	30	30	

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
0,79	0,86	0,87	0,80	0,78	0,83	0,87	0,77	Ff

A	B	C	D	A	B	C	D
1,28	0,97	0,93	1,25	1,35	1,08	0,93	1,42

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1		0,7		0,6		0,5		0,33

	A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Épaule	0,7	0,33	0,6	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	
Coude	1	0,7	0,7	0,7	1	0,7	1	1	
Poignet	1	1	1	1	0,7	0,7	1	1	
Main	1	1	0,7	0,7	0,33	0,33	0,5	0,5	
	1	0,7	0,7	0,7	0,33	0,33	0,5	0,5	Fp

A	B	C	D	A	B	C	D
4	16	8	12	12	8	4	4
0	6	6	4	0	6	0	0
0	0	2	0	4	4	2	0
3	3	4	4	16	16	12	12

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	Fc

Durée des tâches répétitives (minutes)

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
118	72	61	85	118	72	61	85	

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

2660	1230	1052	1360	863	562	751	932
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

6302	3107
------	------

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0	1,5

Fr

0,85

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480	
Facteur	2		1,5		1		0,5		335

Fd

1

5356	2641
------	------

I.E.

Ae	19 504	18 611
Arp	5 356	2 641
I.E.	3,64	7,05

Calcul épaule : I.E.

Ae	19 504	18 611
Arp	1 834	1 991
I.E.	10,64	9,35

Figure I.6 : Après 1 - Travailleur #3 - Résultats OCRA

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

C1 - gauche				C2 - droit				Tâche/s
A	B	C	D	A	B	C	D	C.F.
30	30	30	30	30	30	30	30	

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Fr	0,79	0,86	0,87	0,80	0,78	0,83	0,87	0,77

A	B	C	D	A	B	C	D
1,28	0,97	0,93	1,25	1,35	1,08	0,93	1,42

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1		0,7		0,6		0,5		0,33

	A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Épaule	0,7	0,7	0,7	0,7	0,33	0,7	0,7	0,7	
Coude	1	1	1	0,7	0,7	1	1	1	
Poignet	1	1	1	0,7	1	0,7	1	0,6	
Main	0,7	0,7	0,7	0,7	0,33	0,33	0,6	0,5	
Fp	0,7	0,7	0,7	0,7	0,33	0,33	0,6	0,5	

A	B	C	D	A	B	C	D
4	4	4	4	24	4	4	4
0	0	2	4	6	0	2	0
0	0	2	4	0	4	0	8
4	7	4	4	16	16	8	12

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Fc	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

Durée des tâches répétitives (minutes)

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
118	72	61	85	118	72	61	85	

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

1862	1230	1052	1360	863	562	901	932
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

5504	3257
------	------

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0	1,5

Fr

0,85

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480	335
Facteur	2		1,5		1		0,5		

Fd

1

4678	2768
------	------

I.E.

Ae	19 504	18 611
Arp	4 678	2 768
I.E.	4,17	6,72

Calcul épaule : I.E.

Ae	19 504	18 611
Arp	2 339	1 874
I.E.	8,34	9,93

Figure I.7 : Après 1 - Travailleur #4 - Résultats OCRA

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

CMA gauche				CMA droit				Tâche/s
A	B	C	D	A	B	C	D	C.F.
30	30	30	30	30	30	30	30	

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
1,05	0,86	1,15	0,80	1,05	0,83	1,15	0,77	Ff

A	B	C	D	A	B	C	D
	0,97		1,25		1,08		1,42

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1		0,7		0,6		0,5		0,33

	A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Épaule		0,7		0,7		0,7		0,7	
Coude		1		0,7		1		1	
Poignet		1		1		1		1	
Main		1		0,33		0,33		0,5	
		1		0,33		0,33		0,5	Fp

A	B	C	D	A	B	C	D
	4		4		4		4
	2		4		0		0
	0		0		2		2
	0		16		16		12

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
	0,95		0,95		0,95		0,95	Fc

Durée des tâches répétitives (minutes)

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
	72		85		72		85	

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

	1757		641		562		932
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

2398	1494
------	------

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0	1,5

Fr

0,85

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480	335
Facteur	2		1,5		1		0,5		

Fd

1

2038	1270
------	------

I.E.

Ae	8 781	9 209
Arp	2 038	1 270
I.E.	4,31	7,25

Calcul épaule : I.E.

Ae	8 781	9 209
Arp	1 101	1 061
I.E.	7,98	8,68

Figure I.8 : Après 1 - Travailleur #11 - Résultats OCRA

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

Côté gauche				Côté droit				Tâche/s
A	B	C	D	A	B	C	D	C.F.
30	30	30		30	30	30		

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
0,79	0,86	0,87		0,78	0,83	0,87		FF

A	B	C	D	A	B	C	D
1,28	0,97	0,93		1,35	1,08	0,93	

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1		0,7		0,6		0,5		0,33

	A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Épaule	0,5	0,7	0,7		0,5	0,7	0,7		
Coude	1	1	0,7		1	1	1		
Poignet	0,6	1	1		1	1	1		
Main	1	1	0,6		0,33	0,33	0,6		
	0,6	1	0,6		0,33	0,33	0,6		Fp

A	B	C	D	A	B	C	D
12	4	4		12	4	4	
2	0	4		2	0	2	
10	0	2		2	2	2	
0	3	8		16	16	8	

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
0,95	0,95	0,95		0,95	0,95	0,95		Fc

Durée des tâches répétitives (minutes)

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
118	72	61		118	72	61		

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

1596	1757	901	0	863	562	901	0
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

4254	2325
------	------

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0	1,5

Fr

0,85

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480	
Facteur	2		1,5		1		0,5		335

Fd

1

3616	1976
------	------

I.E.

Ae	15 132	14 660
Arp	3 616	1 976
I.E.	4,18	7,42

Calcul épaule : I.E.

Ae	15 132	14 660
Arp	1 535	1 508
I.E.	9,86	9,72

Figure I.9 : Après 1 - Travailleur #12 - Résultats OCRA

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

A	B	C	D	A	B	C	D
30	30		30	30	30		30

Tâche/s
C.F.

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

A	B	C	D	A	B	C	D
1,00	0,92		0,76	0,83	0,90		0,79

Tâche/s
Ff

A	B	C	D	A	B	C	D
0,50	0,75		1,43	1,10	0,84		1,32

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1		0,7		0,6		0,5		0,33

	A	B	C	D	A	B	C	D
Épaule	0,7	0,5		0,7	0,33	0,7		0,7
Coude	0,7	1		0,6	0,6	1		1
Poignet	0,7	1		1	0,7	1		0,6
Main	0,7	0,7		0,6	0,33	0,33		0,6
	0,7	0,7		0,6	0,33	0,33		0,6

Tâche/s
Fp

A	B	C	D	A	B	C	D
4	12		4	24	4		4
4	2		8	10	2		0
4	0		0	4	2		8
4	4		8	20	17		8

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

A	B	C	D	A	B	C	D
0,95	0,95		0,95	0,95	0,95		0,95

Tâche/s
Fc

Durée des tâches répétitives (minutes)

A	B	C	D	A	B	C	D
90	99		116	90	99		116

Tâche/s

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

1789	1816		1513	700	831		1557
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

5118	3088
------	------

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0

N
0,167

Fr

0,98

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480
Facteur	2		1,5		1		0,5	

304

Fd

1

5033	3037
------	------

I.E.

Ae	11 734	17 548
Arp	5 033	3 037
I.E.	2,33	5,78

Calcul épaule : I.E.

Ae	11 734	17 548
Arp	2 385	2 104
I.E.	4,92	8,34

Figure I.10 : Après 2 - Travailleur #3 - Résultats OCRA

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

Tâche/s				Tâche/s			
A	B	C	D	A	B	C	D
30	30		30	30	30		30

Tâche/s
C.F.

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

Tâche/s				Tâche/s			
A	B	C	D	A	B	C	D
1,00	0,92		0,76	0,83	0,90		0,79

Tâche/s
PF

Tâche/s				Tâche/s			
A	B	C	D	A	B	C	D
0,50	0,75		1,43	1,10	0,84		1,32

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1		0,7		0,6		0,5		0,33

Tâche/s				Tâche/s			
A	B	C	D	A	B	C	D
0,33	0,7		0,7	0,7	0,7		0,7
0,6	1		0,7	0,6	1		1
0,7	1		1	0,7	1		1
0,33	0,7		0,7	0,33	0,33		0,7
0,33	0,7		0,7	0,33	0,33		0,7

Tâche/s
Fp

Tâche/s				Tâche/s			
A	B	C	D	A	B	C	D
24	4		4	4	4		4
10	0		4	10	0		0
4	0		0	4	2		2
16	7		6	20	16		6

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

Tâche/s				Tâche/s			
A	B	C	D	A	B	C	D
0,95	0,95		0,95	0,95	0,95		0,95

Tâche/s
Fc

Durée des tâches répétitives (minutes)

Tâche/s				Tâche/s			
A	B	C	D	A	B	C	D
90	99		116	90	99		116

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

843	1816		1765	700	831		1816
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

4425	3348
------	------

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0

N
0,167

Fr

0,98

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480
Facteur	2		1,5		1		0,5	

304

Fd

1

4351	3292
------	------

I.E.

Ae	11 734	17 548
Arp	4 351	3 292
I.E.	2,70	5,33

Calcul épaule : I.E.

Ae	11 734	17 548
Arp	2 176	2 490
I.E.	5,39	7,05

Figure I.11 : Après 2 - Travailleur #4 - Résultats OCRA

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

C.A. gauche				C.A. droite				Tâche/s
A	B	C	D	A	B	C	D	C.F.
30	30		30	30	30		30	

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
1,00	0,92		0,76	0,83	0,90		0,79	FF

A	B	C	D	A	B	C	D
0,50	0,75		1,43	1,10	0,84		1,32

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1		0,7		0,6		0,5		0,33

	A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
Épaule	0,7	0,7		0,7	0,6	0,7		0,7	
Coude	0,7	1		0,7	0,6	1		1	
Poignet	0,7	1		1	0,7	1		0,7	
Main	0,7	1		1	0,33	0,33		0,6	
	0,7	1		0,7	0,33	0,33		0,6	Fp

A	B	C	D	A	B	C	D
4	4		4	8	4		4
4	2		4	10	2		0
4	0		0	4	2		4
4	3		2	20	16		8

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
0,95	0,95		0,95	0,95	0,95		0,95	Fc

Durée des tâches répétitives (minutes)

A	B	C	D	A	B	C	D	Tâche/s
90	99		116	90	99		116	

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

1789	2595		1765	700	831		1557
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

Calculs	Données
6149	3088

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0	0,167

Fr

0,98

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480
Facteur	2		1,5		1		0,5	

304

Fd

1

Calculs	Données
6047	3037

I.E.

Ae	11 734	17 548
Arp	6 047	3 037
I.E.	1,94	5,78

Calcul épaule : I.E.

Ae	11 734	17 548
Arp	2 641	2 386
I.E.	4,44	7,35

Figure I.12 : Après 2 - Travailleur #11 - Résultats OCRA

ANNEXE II – QEC : RÉSULTATS PAR TRAVAILLEUR

Tableau II.1 : Travailleur #2 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations

	Avant				Après 1				Après 2			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Dos												
Épaule/Bras												
Poignet/Main												
Cou												
Conduite												
Vibration												
Rythme de travail												
Stress												

Tableau II.2 : Travailleur #3 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations

	Avant				Après 1				Après 2				Augmentation et diminution							
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	AV/AP1				AP1/AP2			
													A	B	C	D	A	B	C	D
Dos																	↓	↓		↑
Épaule/Bras																	↓	–		–
Poignet/Main																	↓	–		↓
Cou																	–	–		–
Conduite																	–	–		–
Vibration																	–	–		–
Rythme de travail																	–	–		–
Stress																	↓	↓		↓

Tableau II.3 : Travailleur #4 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations

	Avant				Après 1				Après 2				Augmentation et diminution							
													AV/AP1				AP1/AP2			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Dos																	↓	–		–
Épaule/Bras																	↓	↑		↓
Poignet/Main																	↓	–		↓
Cou																	–	–		–
Conduite																	–	–		–
Vibration																	–	–		–
Rythme de travail																	↓	↓		↓
Stress																	↑	↑		–

Tableau II.4 : Travailleur #11 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations

	Avant				Après 1				Après 2				Augmentation et diminution							
													AV/AP2				AP1/AP2			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Dos													↓					–		↓
Épaule/Bras													↓				↑			↓
Poignet/Main													↓				↑			↓
Cou													↓					–		↓
Conduite													–					–		–
Vibration													–					–		–
Rythme de travail													–					–		–
Stress													↓					–		–

Tableau II.5 : Travailleur #12 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations

	Avant				Après 1				Après 2			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Dos												
Épaule/Bras												
Poignet/Main												
Cou												
Conduite												
Vibration												
Rythme de travail												
Stress												

Tableau II.6 : Travailleur #13 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations

[illegible]

Tableau II.7 : Travailleur #14 – Résultats QEC par site corporel pour les différentes situations

[illegible]

ANNEXE III – 4D WATBAK : RÉSULTATS PAR TRAVAILLEUR

Tableau III.1 : Travailleur #3 – Risque relatif de blessures au niveau du bas du dos

		<i>Avant</i>	<i>Après 1</i>	<i>Après 2</i>
LBPRI			0,35	0,32
LBPR	Charge maximale – Main		0,50	0,37
	Charge maximale – Moment L4-L5		0,35	0,33
	Charge maximale – Compression L4-L5		0,37	0,32
	Charge maximale – Cisaillement L4-L5		0,25	0,32
	Charge cumulative – Moment L4-L5		0,43	0,44
	Charge cumulative – Compression L4-L5		0,40	0,40
	Charge cumulative – Cisaillement L4-L5		0,35	0,39

Tableau III.2 : Travailleur #4 – Risque relatif de blessures au niveau du bas du dos

		<i>Avant</i>	<i>Après 1</i>	<i>Après 2</i>
LBPRI			0,44	0,26
LBPR	Charge maximale – Main		0,50	0,37
	Charge maximale – Moment L4-L5		0,39	0,30
	Charge maximale – Compression L4-L5		0,39	0,29
	Charge maximale – Cisaillement L4-L5		0,43	0,28
	Charge cumulative – Moment L4-L5		0,41	0,4
	Charge cumulative – Compression L4-L5		0,35	0,35
	Charge cumulative – Cisaillement L4-L5		0,39	0,35

Tableau III.3 : Travailleur #11 – Risque relatif de blessures au niveau du bas du dos

		<i>Avant</i>	<i>Après 1</i>	<i>Après 2</i>
LBPRI		0,30	0,39	0,37
LBPR	Charge maximale – Main	0,51	0,50	0,37
	Charge maximale – Moment L4-L5	0,37	0,40	0,34
	Charge maximale – Compression L4-L5	0,39	0,42	0,33
	Charge maximale – Cisaillement L4-L5	0,18	0,25	0,31
	Charge cumulative – Moment L4-L5	0,43	0,47	0,50
	Charge cumulative – Compression L4-L5	0,41	0,44	0,46
	Charge cumulative – Cisaillement L4-L5	0,34	0,36	0,41

Tableau III.4 : Travailleur #13 – Risque relatif de blessures au niveau du bas du dos

		<i>Avant</i>	<i>Après 1</i>	<i>Après 2</i>
LBPRI		0,48		
LBPR	Charge maximale – Main	0,51		
	Charge maximale – Moment L4-L5	0,39		
	Charge maximale – Compression L4-L5	0,41		
	Charge maximale – Cisaillement L4-L5	0,36		
	Charge cumulative – Moment L4-L5	0,49		
	Charge cumulative – Compression L4-L5	0,47		
	Charge cumulative – Cisaillement L4-L5	0,43		

Tableau III.5 : Travailleur #14 – Risque relatif de blessures au niveau du bas du dos

		<i>Avant</i>	<i>Après 1</i>	<i>Après 2</i>
LBPRI		0,33		
LBPR	Charge maximale – Main	0,51		
	Charge maximale – Moment L4-L5	0,34		
	Charge maximale – Compression L4-L5	0,36		
	Charge maximale – Cisaillement L4-L5	0,19		
	Charge cumulative – Moment L4-L5	0,45		
	Charge cumulative – Compression L4-L5	0,43		
	Charge cumulative – Cisaillement L4-L5	0,36		

ANNEXE IV – DIAGRAMMES DE DÉROULEMENT MAIN GAUCHE-MAIN DROITE

DIAGRAMME DE DÉROULEMENT									
Processus analysé: Tâche A : Déballer les boîtes									
main gauche					main droite				
#	Description des activités	VA	Sans VA			Sans VA	VA	Description des activités	#
	Met la main dans le coin derrière les blocs déballés		0,1			0,1		Met la main au bout des blocs	
	Ramène les blocs vers soi en les faisant pivoter		0,1			0,1		Fait pivoter les blocs en les déplaçant	
	Guide les blocs dans leur déplacement		0,1			1		Coupe les 2 sangles d'un coup de couteau	3
4	Prend une des sangles coupées pour l'arracher	1				1		Coupe le ruban sur le dessus de la boîte	4
5	Prend la 2 ^e sangle coupée pour l'arracher	1				1		Ouvre le 2 ^e côté de la boîte	5
6	Jette les sangles dans un bac		1			1		Prend en pince un des côté du couvercle	6
7	Ouvre un côté du dessus de la boîte	1				1		Ramène la boîte vers soi	7
8	Prend en pince un des côté du couvercle		1			1		Met la main sous la boîte	8
9	Ramène la boîte vers soi		1			1		Soulève la boîte, lui donne un élan pour quelle se retourne seule	9
10	Met la main sous la boîte		1			1		Coupe le ruban sur le dessous de la boîte	10
11	Soulève la boîte, lui donne un élan pour quelle se retourne seule	1				1		Ouvre le 2 ^e côté de la boîte	11
12	Ouvre un côté du dessus de la boîte	1				1		Prend un côté du couvercle de la boîte en pince	12
13	Prend un côté du couvercle de la boîte en pince		1			1		Tire sur la boîte	13
14	Tire sur la boîte	1				1		Tire sur la boîte	14
15	Tire sur la boîte	1				1		Tire sur la boîte	15
16	Tire sur la boîte	1				1		Dégage la boîte des blocs	16
17	Dégage la boîte des blocs	1				1		Plie la boîte	17
18	Plie la boîte		1			1		Dépose la boîte sur les autres blocs	18
19	Dépose la boîte sur les autres blocs		1			1		Tient serré le sac de plastique	19
20	Prend la boîte		1			1		Tire sur le sac de plastique	20
21	Jette la boîte dans le bac à recyclage		1						
22	Tient serré le sac de plastique		1						
23	Tire sur le sac de plastique	1							
24	Jette le sac de plastique		1						
Sous total (Activités)		10	11			7,2	11	Sous total (Activités)	
Mouvement n'ayant pas lieu à tous les cycles									
VA Valeur Ajoutée									

Figure IV.1 : Situation *Avant* - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche A

DIAGRAMME DE DÉROULEMENT									
Processus analysé: Tâche B : Déballer les blocs									
main gauche					main droite				
#	Description des activités	VA	Sans VA		Sans VA	VA	Description des activités	#	
	Soulève 3 blocs		0,07		0,07		Soulève 3 blocs		
	Dépose les 3 blocs		0,07		0,07		Dépose les 3 blocs		
	Enlève le sac de plastique		0,07		0,07		Enlève le sac de plastique		
	Jette le sac de plastique		0,07		0,1		Décolle d'un coup de couteau les blocs		
5	Met la main derrière les 3 blocs		1		1		Met la main derrière les 3 blocs	5	
6	Ramène les 3 blocs		1		1		Ramène les 3 blocs	6	
7	Positionne la main sous les 3 blocs pour en soutenir le poids		1		1		Positionne la main sous les 3 blocs pour en soutenir le poids	7	
8	Soutien le poids des blocs en pivotant le corps		1		1		Soutien le poids des blocs en pivotant le corps	8	
9	Laisse tomber les blocs sur la table en ouvrant la main		1		1		Laisse tomber les blocs sur la table en ouvrant la main	9	
	Avec la main sur le dessus, pousse les blocs collés vers l'avant		0,1		0,1		Avec la main sur le dessus, pousse les blocs collés vers l'avant		
	Prend le bloc décollé en pince		0,1		0,1		Prend le bloc décollé en pince		
	Soulève le bloc décollé au dessus des épaules		0,1		0,1		Soulève le bloc décollé au dessus des épaules		
	Laisse tomber le bloc décollé sur les blocs collés		0,1		0,1		Laisse tomber le bloc décollé sur les blocs collés		
	Met la main sur le dessus pour absorber le rebond du bloc décollé		0,1		0,1		Met la main sur le dessus pour absorber le rebond du bloc décollé		
	Ramène les 3 blocs vers soi		0,1		0,1		Ramène les 3 blocs vers soi		
16	Met la main sur le dessus pour maintenir les blocs en place		1		1		Décolle la languette de droite au couteau	16	
17	Décolle la languette avant du bloc	1			1		Décolle la languette avant du bloc	17	
18	Soulève le carton du bloc à partir de la languette décollée	1			1		Décolle au couteau, les morceaux restants du couvercle		
	Bascule au besoin les morceaux de carton qui sont restés collés		1		1		Décolle la languette de droite au couteau	19	
20	Met la main sur le dessus pour maintenir les blocs en place		1		1		Décolle la languette de devant au couteau	20	
21	Décolle le côté de carton qui était sous la languette avant	1			1		Prend le morceau de carton à droite en pince pour soulever le bloc et le faire basculer	21	
22	Met la main au bout du bloc et le soutien		1		1		Dégage le carton du bloc en le soulevant au dessus de l'épaule	22	
23	Rattrape le haut du bloc avec la main aplat lors du retournement du bloc	1			1		Jette le carton dans le bac	23	
24	Prend le bloc déballé en pince		1		1		Prend le bloc déballé en pince	24	
25	Soulève le bloc pour le mettre sur les autres déjà déballés		1		1		Soulève le bloc pour le mettre sur les autres déjà déballés	25	
26	Finit de déposer le bloc du bout des doigts		1		1		Finit de déposer le bloc du bout des doigts	26	
27	Met la main sur le dessus pour maintenir les blocs en place		1		1		Décolle la languette de droite au couteau	27	

Figure IV.2 : Situation *Avant* - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche B

main gauche				main droite			
#	Description des activités	VA	Sans VA	Sans VA	VA	Description des activités	#
28	Décolle la languette de carton du bloc	1			1	Décolle la languette avant du bloc	28
29	Soulève le carton du bloc à partir de la languette décollée	1			1	Décolle au couteau, les morceaux restant du couvercle	29
30	Bascule au besoin les morceaux de carton qui sont restés collés		1		1	Décolle la languette de droite au couteau	30
31	Met la main sur le dessus pour maintenir les blocs en place		1		1	Décolle la languette de devant au couteau	31
32	Décolle le côté de carton qui était sous la languette avant	1			1	Prend le morceau de carton à droite en pince pour soulever le bloc et le faire basculer	32
33	Met la main au bout du bloc et le soutien		1		1	Dégage le carton du bloc en le soulevant au dessus de l'épaule	33
34	Rattrape le haut du bloc avec la main aplat lors du retournement du bloc	1			1	Jette le carton dans le bac	34
35	Prend le bloc déballé en pince		1		1	Prend le bloc déballé en pince	35
36	Soulève le bloc pour le mettre sur les autres déjà déballés		1		1	Soulève le bloc pour le mettre sur les autres déjà déballés	36
37	Finit de déposer le bloc du bout des doigts		1		1	Finit de déposer le bloc du bout des doigts	37
38	Met la main sur le dessus pour maintenir les blocs en place		1		1	Décolle la languette de droite au couteau	38
39	Décolle la languette de carton du bloc	1			1	Décolle la languette avant du bloc	39
40	Soulève le carton du bloc à partir de la languette décollée	1			1	Décolle au couteau, les morceaux restant du couvercle	40
41	Bascule au besoin les morceaux de carton qui sont restés collés		1		1	Décolle la languette de droite au couteau	41
42	Met la main sur le dessus pour maintenir les blocs en place		1		1	Décolle la languette de devant au couteau	42
43	Décolle le côté de carton qui était sous la languette avant	1			1	Prend le morceau de carton à droite en pince pour soulever le bloc et le faire basculer	43
44	Met la main au bout du bloc et le soutien		1		1	Dégage le carton du bloc en le soulevant au dessus de l'épaule	44
45	Rattrape le haut du bloc avec la main aplat lors du retournement du bloc	1			1	Jette le carton dans le bac	45
46	Prend le bloc déballé en pince		1		1	Prend le bloc déballé en pince	46
47	Soulève le bloc pour le mettre sur les autres déjà déballés		1		1	Soulève le bloc pour le mettre sur les autres déjà déballés	47
48	Finit de déposer le bloc du bout des doigts		1		1	Finit de déposer le bloc du bout des doigts	48
Sous total (Activités)		12	26,9		11,9	27	Sous total (Activités)
Mouvement n'ayant pas lieu à tous les cycles							
Mouvement qui n'est pas effectué par tous les travailleurs							

Figure IV.2 : Situation *Avant* - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche B (suite)

DIAGRAMME DE DÉROULEMENT									
Processus analysé: Tâche C : Scier la première tranche									
main gauche					main droite				
#	Description des activités	VA	Sans VA		VA	Sans VA	Description des activités	#	
1	Prend en pince 2 blocs d'épais		1		1		Rapproche 2 blocs vers soi	1	
2	Soutient le poids des 2 blocs		1		1		Met la main sous les 2 blocs	2	
3	Soulève les 2 blocs		1		1		Soutient le poids des 2 blocs	3	
4	Dépose les 2 blocs sur la table de sciage		1		1		Soulève les 2 blocs	4	
5	Pousse les blocs pour les accoter sur le <i>garde</i>	1			1		Dépose les 2 blocs sur la table de sciage	5	
6	Garde une pression sur les blocs pour qu'ils restent en contact avec le <i>garde</i> tout en déplaçant vers la droite	1				1	Pousse les blocs pour les accoter sur le <i>garde</i>	6	
7	Rapproche les blocs près de soi		1			1	Garde une pression sur les blocs pour qu'ils restent en contact avec le <i>garde</i> tout en déplaçant vers la droite	7	
8	Prend en pince les 2 blocs d'épais		1		1		Rapproche les blocs près de soi	8	
9	Soulève les 2 blocs		1		1		Prend en pince les 2 blocs d'épais	9	
10	Dépose les 2 blocs sur la 2 ^e table		1		1		Soulève les 2 blocs	10	
11	Pousse les blocs au besoin		1		1		Dépose les 2 blocs sur la 2 ^e table	11	
12	Aide à soutenir les tranches lors du transport		1		1		Pousse les blocs au besoin	12	
13	Ramène la table de sciage à sa position initiale		1			1	Prends les 2 tranches	13	
						1	Dépose les tranches sur la pile de blocs	14	
Sous total (Activités)		2	11		10	4	Sous total (Activités)		

Figure IV.3 : Situation *Avant* - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche C

DIAGRAMME DE DÉROULEMENT									
Processus analysé: Tâche D : Scier le bloc									
main gauche					main droite				
#	Description des activités	VA	Sans VA			Sans VA	VA	Description des activités	#
1	Prend un bloc en pince		1			1		Rapproche le bloc vers soi	1
2	Soulève le bloc		1			1		Prend un bloc	2
3	Dépose le bloc sur la table de sciage		1			1		Soulève le bloc	3
4	Pousse le bloc sur le garde de fond		1			1		Dépose le bloc sur la table de sciage	4
5	Met la main sur le garde poussoir		1			1		Met la main au coin droit de la table de sciage	5
6	Appui le garde poussoir sur le bloc		1				1	Déplace la table de sciage vers la gauche pour scier les blocs	6
7	Maintient la pression sur le bloc via le garde poussoir tout en déplaçant la table vers la gauche	1				1		Ramène la table de sciage vers la droite	7
8	Relâche la pression sur le garde poussoir		1				1	Déplace la table de sciage vers la gauche pour scier les blocs	8
9	Ramène la table de sciage vers la droite		1			1		Ramène la table de sciage vers la droite	9
10	Maintient la pression sur le bloc via le garde poussoir tout en déplaçant la table	1					1	Déplace la table de sciage vers la gauche pour scier les blocs	10
11	Relâche la pression sur le garde poussoir		1			1		Ramène la table de sciage vers la droite	11
12	Ramène la table de sciage vers la droite		1				1	Prend la tranche restante	12
13	Maintient la pression sur le bloc via le garde poussoir tout en déplaçant la table	1				1		Dépose la tranche dans le chariot	13
14	Ramène le garde poussoir vers soi		1				0,02	Prend un paquet de tranches (4-5)	
15	Ramène la table de sciage vers la droite		1				0,02	Soutient le poids des tranches durant le transport	
	Prend un paquet de tranches (4-5)	0,02					0,02	Dépose les tranches dans le chargeur	
	Soutient le poids des tranches durant le transport	0,02					0,02	Soutient les tranches au besoin sur le dessus du chargeur	
	Dépose les tranches dans le chargeur	0,02							
	Soutient les tranches au besoin sur le dessus du chargeur	0,02							
Sous total (Activités)		3,09	12			9	4,09	Sous total (Activités)	
Mouvement n'ayant pas lieu à tous les cycles									

Figure IV.4 : Situation *Avant* - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche D

DIAGRAMME DE DÉROULEMENT										
Processus analysé: Tâche A : Déballer les boîtes										
main gauche					main droite					
#	Description des activités	VA	Sans VA			VA	Sans VA	Description des activités	#	
1	Prend une des sangles coupées pour l'arracher	1				1		Coupe les 2 sangles d'un coup de couteau	1	
2	Prend la 2 ^e sangle coupée pour l'arracher	1				1		Coupe les 2 sangles d'un coup de couteau	2	
3	Jette les sangles dans un bac		1			1		Coupe le ruban sur le dessus de la boîte	3	
4	Ouvre un côté du dessus de la boîte	1				1		Ouvre le 2 ^e côté de la boîte	4	
5	Prend en pince un des côté du couvercle		1		1			Prend en pince un des côté du couvercle	5	
6	Ramène la boîte vers soi		1		1			Ramène la boîte vers soi	6	
7	Met la main sous la boîte		1		1			Met la main sous la boîte	7	
8	Soulève la boîte, lui donne un élan pour quelle se retourne seule	1				1		Soulève la boîte, lui donne un élan pour quelle se retourne seule	8	
9	Ouvre un côté du dessus de la boîte	1				1		Coupe le ruban sur le dessous de la boîte	9	
10	Prend un côté du couvercle de la boîte en pince		1			1		Ouvre le 2 ^e côté de la boîte	10	
11	Tire sur la boîte	1			1			Prend un côté du couvercle de la boîte en pince	11	
12	Dégage la boîte des blocs	1				1		Tire sur la boîte	12	
13	Plie la boîte		1			1		Dégage la boîte des blocs	13	
14	Dépose la boîte sur les autres blocs		1		1			Plie la boîte	14	
15	Prend la boîte		1		1			Dépose la boîte sur les autres blocs	15	
16	Jette la boîte dans le bac à recyclage		1		1			Tient serré le sac de plastique	16	
17	Tient serré le sac de plastique		1			1		Tire sur le sac de plastique	17	
18	Tire sur le sac de plastique	1			0,1			Met la main au bout des blocs		
19	Jette le sac de plastique		1		0,1			Fait pivoter les blocs en les déplaçant		
	Met la main dans le coin derrière les blocs déballés		0,1							
	Ramène les blocs vers soi en les faisant pivoter		0,1							
	Guide les blocs dans leur déplacement		0,1							
Sous total (Activités)		8	11			7,2	10	Sous total (Activités)		
Mouvement n'ayant pas lieu à tous les cycles										

Figure IV.5 : Situation *Après 1* - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche A

DIAGRAMME DE DÉROULEMENT									
Processus analysé: Tâche B : Déballer les blocs									
main gauche					main droite				
#	Description des activités	VA	Sans VA		Sans VA	VA	Description des activités	#	
	Soulève 3 blocs	0,07			0,07		Soulève 3 blocs		
	Dépose les 3 blocs	0,07			0,07		Dépose les 3 blocs		
	Enlève le sac de plastique	0,07			0,07		Enlève le sac de plastique		
	Jette le sac de plastique	0,07			0,1		Décolle d'un coup de couteau les blocs		
5	Prend le bloc en pince	1			1		Rapproche le bloc	5	
6	Transporte le bloc	1			1		Prend le bloc en pince	6	
7	Dépose le bloc	1			1		Transporte le bloc	7	
8	Prend la languette décollée	1			1		Dépose le bloc	8	
9	Fait basculer le bloc	1			1		Décolle la languette avant au couteau	9	
10	Enlève les morceaux restants du couvercle	1			1		Tient la languette	10	
11	Tient le carton	1			1		Fait basculer le bloc	11	
12	Fait basculer le bloc	1			1		Enlève les morceaux restants du carton au couteau	12	
13	Dégage le carton du bloc	1			1		Enlève les morceaux restants du carton au couteau	13	
14	Jette le carton dans le bac	1			1		Enlève les morceaux restants du carton au couteau	14	
15	Enlève les morceaux restants du carton	1			1		Enlève les morceaux restants du carton au couteau	15	
16	Fait pivoter le bloc	1			1		Tient le carton	16	
17	Enlève les morceaux restants du carton	1			1		Fait basculer le bloc	17	
18	Jette les morceaux de carton	1			1		Dégage le carton du bloc	18	
	Pousse le bloc	0,5			1		Enlève les morceaux restants du carton au couteau	19	
	Soulève le bloc	0,5			1		Fait pivoter le bloc	20	
	Dépose le bloc	0,5			1		Enlève les morceaux restants du carton au couteau	21	
					0,5		Pousse le bloc		
					0,5		Soulève le bloc		
					0,5		Dépose le bloc		
Sous total (Activités)		5	10,8		8,8	10	Sous total (Activités)		
Mouvement n'ayant pas lieu à tous les cycles									

Figure IV.6 : Situation *Après 1* - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche B

DIAGRAMME DE DÉROULEMENT									
Processus analysé: Tâche C : Scier la première tranche									
main gauche					main droite				
#	Description des activités	VA		Sans VA	VA		Sans VA	VA	#
1	Prend le bout d'un bloc en pince			1	1				1
2	Transporte le bloc			1	1				2
3	Dépose le bloc sur la table de sciage			1	1				3
4	Pousse le bloc pour l'accoter sur le <i>garde</i>	1			1				4
5	Garde une pression sur le bloc pour qu'il reste en contact avec le <i>garde</i> tout en déplaçant vers la droite	1				1			5
6	Rapproche le bloc près de soi			1		1			6
7	Prend en pince le bloc			1	1				7
8	Soulève le bloc			1	1				8
9	Dépose le bloc sur la 2 ^e table			1	1				9
10	Pousse les blocs au besoin			1	1				10
11	Aide à soutenir les tranches lors du transport			1	1				11
12	Dépose la tranche			1		1			12
13	Ramène la table de sciage à sa position initiale			1					
Sous total (Activités)		2		11		9		3	Sous total (Activités)

Figure IV.7 : Situation *Après 1* - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche C

DIAGRAMME DE DÉROULEMENT									
Processus analysé: Tâche D : Scier le bloc									
main gauche					main droite				
#	Description des activités	VA	Sans VA		Sans VA	VA	Description des activités	#	
1	Prend le bloc en pince		1		1		Rapproche le bloc de soi	1	
2	Soulève le bloc		1		1		Prend le bloc en pince	2	
3	Dépose le bloc		1		1		Soulève le bloc	3	
4	Met la main sur le garde poussoir		1		1		Dépose le bloc	4	
5	Appui le garde poussoir sur le bloc		1		1		Met la main au coin de la table de sciage	5	
6	Maintient la pression sur le bloc via le garde poussoir tout en déplaçant la table	1				1	Pousse la table de sciage	6	
7	Relâche la pression sur le bloc		1		1		Ramène la table de sciage	7	
8	Ramène légèrement le bloc vers soi		1			1	Pousse la table de sciage	8	
9	Met la main sur le garde poussoir		1		1		Ramène la table de sciage	9	
10	Maintient la pression sur le bloc via le garde poussoir tout en déplaçant la table	1				1	Pousse la table de sciage	10	
11	Ramène légèrement le bloc vers soi		1		1		Ramène la table de sciage	11	
12	Met la main sur le garde poussoir		1		1		Prend la tranche	12	
13	Maintient la pression sur le bloc via le garde poussoir tout en déplaçant la table	1			1		Dépose la tranche	13	
14	Ramène le garde poussoir vers soi		1		0,5		Prend les tranches de la 1re scie		
15	Prend la tranche		1		0,5		Dépose les tranches de la 1re scie		
	Prend les tranches de la 1re scie		0,5			0,02	Prend un paquet de tranches (4-5)		
	Prend un paquet de tranches (4-5)	0,02				0,02	Soutient le poids des tranches durant le transport		
	Soutient le poids des tranches durant le transport	0,02				0,02	Dépose les tranches dans le chargeur		
	Dépose les tranches dans le chargeur	0,02				0,02	Soutient les tranches au besoin sur le dessus du chargeur		
	Soutient les tranches au besoin sur le dessus du chargeur	0,02							
Sous total (Activités)		3,09	12,5		11	3,09	Sous total (Activités)		
Mouvement n'ayant pas lieu à tous les cycles									

Figure IV.8 : Situation *Après 1* - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche D

DIAGRAMME DE DÉROULEMENT									
Processus analysé: Tâche A : Déballer les blocs									
main gauche					main droite				
#	Description des activités	VA		Sans VA	VA		Sans VA	Description des activités	#
		VA	Sans VA		VA	Sans VA			
	Tient le bloc		0,1			1		Glisse la lame en dessous du carton	1
2	Tient le rabbat de carton soulevé		1			1		Donne un coup de poignet pour décoller le carton	2
	Fait tourner le bloc		0,1			1		Glisse la lame en dessous du carton	3
	Arrête la rotation du bloc		0,1			1		Donne un coup de poignet pour décoller le carton	4
						0,2		Glisse la lame en dessous du carton	
						0,2		Donne un coup de poignet pour décoller le carton	
Sous total (Activités)		0	1,3		2	2,4		Sous total (Activités)	
Mouvement n'ayant pas lieu à tous les cycles									

Figure IV.9 : Situation *Après 2* - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche A

DIAGRAMME DE DÉROULEMENT									
Processus analysé: Tâche B : Déballer les blocs									
main gauche					main droite				
#	Description des activités	VA	Sans VA		Sans VA	VA	Description des activités	#	
	Soulève un bloc		0,07		0,07		Décolle le bloc d'un coup de poignet		
	Laisse tomber le bloc		0,07		0,07		Soulève un bloc		
3	Rapproche le bloc		1		0,07		Laisse tomber le bloc		
4	Tient le bloc en pince		1		1		Rapproche le bloc	4	
5	Transporte le bloc		1		1		Tient le bloc en pince	5	
6	Dépose le bloc		1		1		Transporte le bloc	6	
7	Tient la languette de côté		0,3		1		Dépose le bloc	7	
8	Soulève le carton	1				0,7	Décolle la languette de côté au couteau	8	
9	Soulève le carton	1				1	Décolle la languette avant au couteau	9	
10	Jette le carton		1			1	Soulève le carton au couteau	10	
11	Prend les morceaux de carton restants	0,7				1	Décolle la languette de côté au couteau	11	
12	Jette les morceaux de carton restants	0,7			0,7		Tient le carton	12	
	Pousse les blocs		0,5			1	Soulève le carton pour faire basculer le bloc	13	
					0,7		Décolle les morceaux de cartons restants au couteau	14	
					0,5		Pousse les blocs		
Sous total (Activités)		3,3	5,97		6,03	4,7	Sous total (Activités)		
■ Mouvement n'ayant pas lieu à tous les cycles									
■ Mouvement qui n'est pas effectué par tous les travailleurs									

Figure IV.10 : Situation *Après 2* - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche B

DIAGRAMME DE DÉROULEMENT									
Processus analysé: Tâche D : Scier le bloc									
main gauche					main droite				
#	Description des activités	VA	Sans VA		Sans VA	VA	Description des activités	#	
1	Prend le bloc en pince		1		1		Rapproche le bloc vers soi	1	
2	Soulève le bloc		1		1		Prend le bloc en pince	2	
3	Dépose le bloc		1		1		Soulève le bloc	3	
4	Met la main sur le garde poussoir		1		1		Dépose le bloc	4	
5	Maintient la pression sur le bloc via le garde poussoir tout en déplaçant	1			1		Pause la main sur le coin de la table	5	
6	Ramène le bloc et le garde poussoir	0,7				1	Pousse la table de sciage	6	
7	Ramène la table de sciage		1		1		Ramène la table de sciage	7	
8	Fait basculer le bloc	1				0,3	Fait basculer le bloc	8	
9	Met la main sur le garde poussoir		0,3		0,3		Pause la main sur le coin de la table	9	
10	Maintient la pression sur le bloc via le garde poussoir tout en déplaçant	1				1	Pousse la table de sciage	10	
11	Ramène le bloc vers soi		0,3		1		Ramène la table de sciage	11	
12	Ramène la table de sciage		1			0,7	Pousse la table de sciage	12	
13	Pousse le bloc	1			0,7		Ramène la table de sciage	13	
14	Met la main sur le garde poussoir		1						
15	Déplace la table de sciage	1							
16	Ramène la table de sciage		1						
Sous total (Activités)		5,7	8,7		8	3	Sous total (Activités)		
Mouvement n'ayant pas lieu à tous les cycles									

Figure IV.11 : Situation *Après 2* - Diagramme de déroulement main gauche-main droite de la tâche D

ANNEXE V – EFFORT NÉCESSAIRE À CHACUN DES MOUVEMENTS

Tableau V.1 : Situation *Avant* – Effort nécessaire à chacun des mouvements selon l'échelle de Borg CR10

Travailleurs	Côté gauche				Côté droit			
	11	13	15	moyenne	11	13	15	moyenne
Tâche A								
Coupe les sangles de plastique autour des boîtes	N/A	N/A	N/A	N/A	0,5	2	7	3,2
Prend une des sangles coupées pour l'arracher	2,5	5	7	4,8	N/A	5	7	6,0
Ouvre un côté du dessus de la boîte	0,3	0,5	5	1,9	0,3	0,5	5	1,9
Bascule la boîte de 180° (dessus-dessous) ou 2 fois de 90° (dessus-côté)	3	1	2	2,0	3	1	2	2,0
Tire sur la boîte pour la dégager des blocs	4	5	5	4,7	4	5	5	4,7
Si loin : Empile les boîtes pliées pour ensuite aller les porter dans le bac à recyclage	0	0	0,5	0,2	0	0	0,5	0,2
Tire sur le sac de plastique pour le retirer des blocs (à moins d'être rendu à la dernière rangée de la palette)	0	3	8	3,7	0	3	8	3,7
Tâche B								
Positionne la main sous les 3 blocs pour en soutenir le poids	2	5	4	3,7	2	5	4	3,7
Transporte les blocs en pivotant le corps	3	5	4	4,0	3	5	4	4,0
Laisse tomber les blocs sur la table en ouvrant la main	3	3	0,3	2,1	3	3	0,3	2,1
Découpe au couteau, les morceaux restants du couvercle	N/A	N/A	N/A	N/A	0	1	2	1,0
Découpe le côté de carton qui était sous la languette avant	N/A	N/A	N/A	N/A	0	1	3	1,3
Prend le morceau de carton à droite en pince pour soulever le bloc et le faire basculer	0,5	N/A	2	1,3	0,5	3	N/A	1,8
Dégage le carton du bloc en le soulevant au-dessus de l'épaule	0,5	N/A	1	0,8	0,5	2	N/A	1,3
Soulève le bloc pour le mettre sur les autres déjà déballés	2,5	3	1	2,2	2,5	3	1	2,2
Tâche C								
Prends 2 blocs sur la première table	3	3	3	3,0	3	3	3	3,0
Amène les 2 blocs sur le plateau de la première scie	3,5	3	3	3,2	3,5	3	3	3,2
Positionne les blocs sur le plateau de la scie	0	1	0	0,3	0	1	0	0,3
Garde une pression sur les blocs pour qu'ils restent en contact avec le garde tout en déplaçant vers la droite.	0,3	2	1	1,1	0,3	2	1	1,1
Amène les blocs sur la 2e table	2,5	3	3	2,8	2,5	3	3	2,8
Pousse les blocs au besoin	8	5	2	5,0	8	5	2	5,0
Prends les 2 tranches	0,2	0	0,3	0,2	N/A	0,5	0,3	0,4
Ramène la table de sciage à sa position initiale	0	0,5	0,5	0,3	N/A	1	N/A	1,0
Tâche D								
Soulève le bloc	3	3	1	2,3	3	3	2	2,7
Appui le garde poussoir sur le bloc	0,2	2	0	0,7	N/A	N/A	N/A	N/A
Maintient la pression sur le bloc via le garde poussoir tout en déplaçant la table vers la gauche ou scier les blocs	2,3	1	0,3	1,2	0	2	1	1,0
Relâche la pression sur le garde poussoir	0	2	0	0,7	N/A	N/A	N/A	N/A
Ramène la table de sciage vers la droite	0,2	N/A	N/A	0,2	N/A	2	0	1,0
Ramène le garde poussoir vers soi	0	2	2	1,3	N/A	N/A	N/A	N/A
Prend la tranche restante	N/A	N/A	0,3	0,3	0	2	0,3	0,8

Tableau V.2 : Situation *Après 1* – Effort nécessaire à chacun des mouvements selon l'échelle de Borg CR10

Travailleurs	Côté gauche						Côté droit					
	2	3	4	11	12	moy	2	3	4	11	12	moy
Tâche A												
Coupe les sangles de plastique autour des boîtes.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	2	2,5	0	0	1,1
Prend une des sangles coupées pour l'arracher	2	2	3	N/A	N/A	2,3	2	N/A	3	2,5	2	2,4
Ouvre un côté du dessus de la boîte	2	0,5	N/A	0,5	0	0,8	2	0,5	1	0,5	0	0,8
Ramène la boîte vers soi	3	3	2	1	3	2,4	3	3	2	1	3	2,4
Bascule la boîte de 180° (dessus-dessous) ou 2 fois de 90° (dessus-côté)	4	4	3	2	5	3,6	4	4	3	2	5	3,6
Tire sur la boîte pour la dégager des blocs	3	6	4,5	3,5	6	4,6	3	6	4,5	3,5	6	4,6
Si loin : Empile les boîtes pliées pour ensuite aller les porter dans le bac à recyclage	1	0,5	N/A	0,5	0	0,5	1	0,5	1	0,5	0	0,6
Tire sur le sac de plastique pour le retirer des blocs (à moins d'être rendu à la dernière rangée de la palette)	2	4	5	3	6	4,0	2	4	5	3	6	4,0
Tâche B												
Rapproche le bloc	1	1	1	0	2	1,0	1	1	1	0	2	1,0
Transporte le bloc	2	3	2	0,5	2	1,9	2	3	2	0,5	2	1,9
Dépose le bloc	1	1	3	0,5	2	1,5	1	1	3	0,5	2	1,5
Découpe la languette avant au couteau	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,5	1	2	0	2	1,1
Fait basculer le bloc	1	2	N/A	N/A	2	1,7	1	N/A	3	0,5	2	1,6
Enlève les morceaux restants du carton au couteau	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,5	1	3	0	2	1,3
Dégage le carton du bloc	3	2	N/A	N/A	N/A	2,5	N/A	N/A	4	1	3	2,7
Jette le carton dans le bac	0,5	1	N/A	0	1	0,6	N/A	N/A	1	0	1	0,7
Pousse le bloc	1	1	N/A	0,5	0	0,6	1	1	2	0,5	0	0,9
Soulève le bloc	3	2	2	0,5	3	2,1	3	2	2	0,5	3	2,1
Tâche C												
Rapproche le bloc	1	2	2,5	0	2	1,5	1	2	2,5	0	2	1,5
Transporte le bloc	2	2	2	0,5	3	1,9	2	2	2	0,5	3	1,9
Pousse le bloc pour l'accoter sur le garde	1	0,5	0,5	0	2	0,8	1	0,5	0,5	0	2	0,8
Garde une pression sur le bloc pour qu'il reste en contact avec le garde tout en déplaçant vers la droite	1	1	0,5	0	3	1,1	1	1	0,5	0	3	1,1
Soulève le bloc	3	2	3	0,5	2	2,1	3	2	3	0,5	2	2,1
Pousse les blocs au besoin	0,5	1	2	1	1	1,1	0,5	1	2	1	1	1,1
Prend la tranche	0,5	0,5	N/A	N/A	N/A	0,5	N/A	N/A	0	0	1	0,3
Ramène la table de sciage à sa position initiale	1	0,5	N/A	0	1	0,6	1	N/A	0,5	N/A	1	0,8
Tâche D												
Rapproche le bloc vers soi	1	2	2,5	0	3	1,7	1	2	4	0	3	2,0
Soulève le bloc	2	3	3	0,5	3	2,3	2	3	3	0,5	3	2,3
Appui le garde poussoir sur le bloc	1	1	0,5	0,5	2	1,0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Maintient la pression sur le bloc via le garde poussoir tout en déplaçant la table ou pousse la table de sciage	2	1	1	0,5	2	1,3	1	1	3	0,5	2	1,5
Relâche la pression sur le bloc	0,5	0,5	1	0	1	0,6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Ramène légèrement le bloc vers soi	1	0,5	3	N/A	N/A	1,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Ramène la table de sciage	2	0,5	N/A	0	2	1,1	2	N/A	0,5	N/A	N/A	1,3
Ramène le garde poussoir vers soi (fin de sa course)	1	1	0,5	0,5	2	1,0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Prend la tranche	1	1	N/A	N/A	N/A	1,0	0,5	1	1	0	2	0,9

Tableau V.3 : Situation *Après 2* – Effort nécessaire à chacun des mouvements selon l'échelle de Borg CR10

Travailleurs	Côté gauche				Côté droit			
	3	4	11	moyenne	3	4	11	moyenne
Tâche A								
Décolle les rabats (côtés) des blocs	N/A	N/A	N/A	N/A	1	2	0,3	1,1
Tâche B								
Rapproche le bloc	1	0,5	0,2	0,6	1	0,5	0,2	0,6
Transporte le bloc	1	2	0,2	1,1	1	2	0,2	1,1
Dépose le bloc	1	2	0,2	1,1	1	2	0,2	1,1
Décolle la languette avant au couteau	N/A	N/A	N/A	N/A	1	2	0	1,0
Fait basculer le bloc	2	3	0	1,7	N/A	3	0	1,5
Enlève les morceaux restants du carton au couteau	N/A	N/A	N/A	N/A	2	3	0	1,7
Jette le carton dans le bac	1	0,5	0	0,5	N/A	N/A	N/A	N/A
Pousse le bloc	2	1	0,5	1,2	2	1	0,5	1,2
Soulève le bloc	2	1,5	0,5	1,3	2	1,5	0,5	1,3
Tâche D								
Rapproche le bloc vers soi	2	2,5	0,5	1,7	2	2,5	0,5	1,7
Soulève le bloc	3	3	1	2,3	3	3	1	2,3
Appui le garde poussoir sur le bloc	1	2	0	1,0	N/A	N/A	N/A	N/A
Scie (g : Maintient la pression sur le bloc via le garde poussoir tout en déplaçant la table, g : déplacer la table)	1	4	2	2,3	1	2	2	1,7
Relâche la pression sur le bloc	1	2	0	1,0	N/A	N/A	N/A	N/A
Ramène légèrement le bloc vers soi	1	3	N/A	2,0	N/A	N/A	N/A	N/A
Ramène la table de sciage	1	0,5	0	0,5	1	0,5	0	0,5
Bascule le bloc	2	2	N/A	2,0	N/A	2	2	2,0
Ramène le garde poussoir vers soi (fin de sa course)	1	1	0,5	0,8	N/A	N/A	N/A	N/A

ANNEXE VI – OCRA : SITUATION *APRÈS 1*

Calcul de l'index de risque OCRA

Constantes des fréquences des actions (nb d'actions/min)

Tâche/s	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
C.F.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Facteur de force (effort perçu)

Borg	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Facteur	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

Tâche/s	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Ff	0,79	0,86	0,87	0,80	0,78	0,83	0,87	0,77																		

Tâche/s	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
	1,28	0,97	0,93	1,25	1,35	1,08	0,93	1,42																		

Facteur de posture

Valeur	0	3	4	7	8	11	12	15	16
Facteur	1		0,7		0,6		0,5		0,33

Tâche/s	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Épaule	0,7	0,7	0,7	0,7	0,33	0,7	0,7	0,7																		
Coude	1	1	0,7	0,7	1	1	1	1																		
Poignet	1	1	1	1	1	1	1	1																		
Main	1	0,7	0,7	0,7	0,33	0,33	0,6	0,5																		
Fp	1	0,7	0,7	0,7	0,33	0,33	0,6	0,5																		

Tâche/s	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
	6,0	6,4	5,3	6,0	17,0	4,8	4,0	4,0																		
	2,0	1,6	4,0	4,0	3,5	2,0	1,3	0,0																		
	2,5	0,0	2,0	1,0	2,0	2,4	1,3	2,5																		
	2,5	4,2	5,3	7,0	16,0	16,0	9,3	12,0																		

Facteurs additionnels

valeur	0	4	8	12
Facteur	1	0,95	0,9	0,8

Présence de froid

Tâche/s	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Fc	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95																		

Durée des tâches répétitives (minutes)

Tâche/s	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
	118	72	61	85	118	72	61	85																		

Nombre recommandé d'actions pour une tâche répétitive et au total (résultats partiels, sans le facteur de récupération)

2660	1230	1052	1360	863	562	901	932
α	β	γ	δ	α	β	γ	δ

6302	3257
------	------

Facteur se référant au manque de périodes de récupération

(nb d'heures sans récupération adéquate)

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
Facteur	1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,45	0,25	0,10	0	1,5

Fr

0,85

Facteur se référant à la durée totale des tâches répétitives

Minutes	0	120	120	239	240	480	>	480	
Facteur	2		1,5		1		0,5		335

Fd

1

5356	2768
------	------

I.E.

Ae	19 504	18 611
Arp	5 356	2 768
I.E.	3,64	6,72

Calcul épaule : I.E.

Ae	19 504	18 611
Arp	2 339	1 874
I.E.	8,34	9,93

Figure V.1 : Situation *Après 1* - Feuille de calcul OCRA